

Method for generating an activating algorithm for rollover detection for safety-related devices in automotive vehicles

Patent Number: ☐ US2002019719

Publication date: 2002-02-14

Inventor(s): KUEBLBECK HERMANN (DE); ROTTENKOLBER ERNST (DE); STEINER PETER (DE); STEURER HELMUT (DE); WEIDEL PETER (DE)

Applicant(s):

Requested Patent: ☐ DE10025259

Application Number: US20010864087 20010522

Priority Number (s): DE20001025259 20000522

IPC Classification: G01P3/00

EC Classification: B60R21/01C

Equivalents: ☐ EP1157899, A3, ☐ JP2002029351, ☐ US6701276

Abstract

Method for generating an activating algorithm for rollover detection for safety-related devices in automotive vehicles Here, the safety devices in question are mainly roll bars, side airbags, and seat belt tensioners. A known safety system comprises a gyrometer (angular rate or gyro sensor), which measures the rotational velocity of the rolling motion, and acceleration meters, with the electronic arrangement processing the signals coming from the gyrometer and the acceleration sensors in order to control the activation of the safety device. Here, the sensor signals are evaluated by integration for a specified period of time. In order to avoid an overflow of the integration, the ratio of the transverse acceleration to the vertical acceleration is additionally calculated, and if a specified threshold value is exceeded, integration is released. The disadvantage of this safety system is above all that, in order to avoid an overflow of the integration, further means are required in addition to the angular rate sensor, namely acceleration sensors; these only meet the purpose to be able to evaluate the angular rate sensor signals, but entail high manufacturing costs for the total system. According to the invention, a theoretical characteristic rollover curve, adapted to the respective vehicle, is assumed which is approximated by means of low pass filter functions to specific cutoff frequencies and trigger thresholds respectively adapted to the rollover scenarios to be detected. The sensor signals generated by the angular rate sensor sensing the rotational velocity of the rolling motion are processed and evaluated by these low pass filter functions in order to activate a safety device, if necessary.



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 Patentschrift
①0 DE 100 25 259 C 2

⑤ Int. Cl.⁷:
B 60 R 21/01

②1 Aktenzeichen: 100 25 259.1-21
②2 Anmeldetag: 22. 5. 2000
④3 Offenlegungstag: 17. 1. 2002
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 20. 3. 2003

DE 100 25 259 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Conti Temic microelectronic GmbH, 90411
Nürnberg, DE; Condat GmbH, 85298 Scheyern, DE

⑦2 Erfinder:

Küblbeck, Hermann, Dipl.-Phys., 86529
Schrobenhausen, DE; Rottenkolber, Ernst,
Dipl.-Phys., 85238 Petershausen, DE; Steiner, Peter,
Dr., 86529 Schrobenhausen, DE; Steuer, Helmut,
Dipl.-Ing., 85302 Gerolsbach, DE; Weidel, Peter,
Dipl.-Ing.(FH), 85276 Pfaffenhofen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 196 32 363 C1
DE 197 19 780 A1
US 60 02 975 A
EP 04 30 913 B1
= DE 690 05 598 T2

⑤4 Verfahren zur Erzeugung eines Auslösealgorithmus zur Erkennung eines Überschlages für ein
Sicherheitssystem in einem Kraftfahrzeug

- ⑤7 Verfahren zur Erzeugung eines das Sensorsignal eines in einem Sicherheitssystem eines Kraftfahrzeuges vorgesehenen Drehratensensors verarbeitenden Auslösealgorithmus, mit dem eine Auslöseentscheidung zur Auslösung von wenigstens einer Sicherheitseinrichtung des Sicherheitssystems in Abhängigkeit des Sensorsignals getroffen wird, wobei das Sensorsignal ein Maß für die Drehgeschwindigkeit (ω) der bei einem drohenden Überschlag auftretenden Wankbewegung darstellt, und bei dem folgende Schritte durchgeführt werden:

a) Erzeugung folgender theoretischer Überschlag-Kennlinie:

$$\alpha_{th}(\omega) = -(\alpha_{kipp}/\omega_{grenz})\omega + \alpha_{kipp}, \omega \geq 0 \quad (1)$$

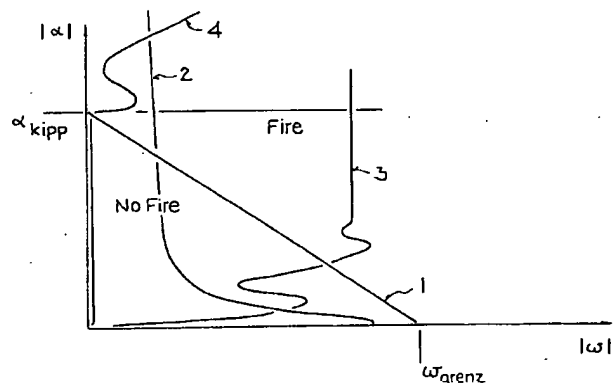
bei der ω der anfänglichen Drehgeschwindigkeit einer Wankbewegung des Fahrzeuges und $\alpha_{th}(\omega)$ dem Neigungswinkel des Fahrzeuges entspricht, die Konstanten α_{kipp} und ω_{grenz} fahrzeugabhängig bestimmt werden, die den statischen Kippwinkel des Fahrzeuges, bei dessen Überschreiten das Fahrzeug kippt, bzw. den Drehgeschwindigkeitsbereich, bei dem mit $\omega \geq \omega_{grenz}$ ein Überschlag des Fahrzeuges erfolgt, angeben und der Bereich B_{th} der (ω, α) -Wertepaare mit $|\alpha| \geq \alpha_{th}(|\omega|)$ ($\alpha, \omega \in \mathbb{R}$) den zugehörigen überschlagsgefährdeten Bereich darstellt, bei dem eine positive Auslöseentscheidung erwartet wird, und

b) Erzeugung des Auslösealgorithmus durch Approximation der Überschlag-Kennlinie (1) im ersten Quadranten mit wenigstens zwei Tiefpassfilterfunktionen ($Y_{1,n}$, $n = 1, 2, \dots$; $Y_{2,n}$, $n = 1, 2, \dots$) mit jeweils einer Auslöseschwelle (S_1, S_2), indem die Grenzfrequenzen (f_{g1}, f_{g2}) der beiden Tiefpassfilterfunktionen ($Y_{1,n}$, $n = 1, 2, \dots$; $Y_{2,n}$, $n = 1, 2, \dots$) und die Auslöseschwellen (S_1, S_2) derart bestimmt sind, daß für den Bereich B_{F1} der $(|\omega|, Y_{1,n}(\omega))$ -Wertepaare und den Bereich B_{F2} der $(|\omega|, Y_{2,n}(\omega))$ -Wertepaare mit

$$|Y_{1,n}(\omega)| > S_1 \text{ und } |Y_{2,n}(\omega)| > S_2, Y_{1,n}(\omega) \in \mathbb{R}, Y_{2,n}(\omega) \in \mathbb{R} \quad (2)$$

gilt:

$B_{F1} \subset B_{th}$ und $B_{F2} \subset B_{th}$.



DE 100 25 259 C 2



[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines das Sensorsignal eines in einem Sicherheitssystem eines Kraftfahrzeuges vorgesehenen Drehratensensors verarbeitenden Auslösealgorithmus, mit dem eine Auslöseentscheidung zur Auslösung von wenigstens einer Sicherheitseinrichtung des Sicherheitssystems in Abhängigkeit des Sensorsignals getroffen wird und das Sensorsignal ein Maß für die Drehgeschwindigkeit der bei einem drohenden Überschlag auftretenden Wankbewegung darstellt. Ferner betrifft diese Erfindung auch ein diesen Auslösealgorithmus verwendendes Sicherheitssystem für ein Kraftfahrzeug mit wenigstens einer Sicherheitseinrichtung. Dabei kommen als Sicherheitseinrichtungen im Zusammenhang mit Überrollvorgängen vornehmlich Überschlagbügel, Gurtstraffer und Sideairbags in Frage.

[0002] Aus der US 6,002,975 A eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Überschlagserkennung bei einem Kraftfahrzeug bekannt. Zur Voraussage von Fahrzeugzuständen, die zu einem Überschlag um die Längsachse und/oder die Querachse des Fahrzeuges führen können, misst ein Drehratensensor die Drehrate des Fahrzeuges, ein erster Beschleunigungssensor die horizontale Beschleunigung des Fahrzeuges und ein zweiter Beschleunigungssensor die vertikale Beschleunigung des Fahrzeuges. Ein aktueller Neigungswinkel wird geschätzt mittels Kalmanfilter und rechtzeitig ein zukünftiger Neigungswinkel vorherbestimmt. Der vorhergesagte Neigungswinkel wird mit einem Schwellwert verglichen und ein Ausgangssignal erzeugt, um in Abhängigkeit des Vergleichsergebnisses einen drohenden Überschlag des Fahrzeuges anzuzeigen. Insbesondere wird ein Überschlag um die Längsachse anzeigender Fahrzeugzustand des Fahrzeuges vorhergesagt, indem ein zukünftiger Überschlagswinkel mit einem Überschlagsschwellwert verglichen wird, während ein drohender Überschlag um die Querachse des Fahrzeuges durch Vergleich eines zukünftigen Nickwinkels mit einer Nickwinkelschwelle vorhergesagt wird.

[0003] Aus der EP 0 430 813 B1 ist ein Sicherheitssystem für Kraftfahrzeuge mit einer elektronischen Anordnung zur Steuerung wenigstens einer Sicherheitseinrichtung im Falle eines Überschlags des Kraftfahrzeugs bekannt. Das Sicherheitssystem enthält ein Gyrometer (Drehraten- oder Gyrosensor), das die Drehgeschwindigkeit der Wankbewegung mißt, und Beschleunigungsmesser, wobei die elektronische Anordnung die vom Gyrometer und von den Beschleunigungssensoren stammenden Signale zur Steuerung der Auslösung der Sicherheitseinrichtung verarbeitet. Hierbei erfolgt die Auswertung der Sensorsignale mittels Integration für eine bestimmte Zeitdauer. Um ein Überlaufen der Integration zu vermeiden wird zusätzlich das Verhältnis von Querbeschleunigung zu Vertikalbeschleunigung berechnet und bei Überschreiten eines vorgegebenen Schwellwertes die Integration freigegeben.

[0004] Der Nachteil des in diesem Sicherheitssystems verwendeten Auslösealgorithmus besteht vor allem darin, daß zur Verhinderung des Überlaufes der Integration neben den Signalen des Drehratensensors weitere Signale, nämlich Signale von Beschleunigungssensoren erforderlich sind, die lediglich dem Zweck dienen, die Drehratensensorsignale auswerten zu können, jedoch hohe Herstellkosten des Gesamtsystems zur Folge haben.

[0005] Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Erzeugung eines das Sensorsignal eines in einem Sicherheitssystem eines Kraftfahrzeuges eingesetzten Drehratensensors verarbeitenden Auslösealgorithmus anzugeben, mit dem eine Auslöseentscheidung zur Auslösung von we-

nigstens einer Sicherheitseinrichtung des Sicherheitssystems in Abhängigkeit des Drehratensensorsignals getroffen wird, wobei dieses Sensorsignal ein Maß für die Drehgeschwindigkeit der bei einem drohenden Überschlag auftretenden Wankbewegung darstellt und der die oben genannten Nachteile nicht aufweist, also zur Auswertung der Drehratensensorsignale keine Signale weiterer teuren Beschleunigungssensoren erfordert.

[0006] Diese Aufgabe wird mit den Verfahrensschritten gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Dadurch, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Auslösealgorithmus erzeugt wird, der mit Tiefpaßfilterfunktionen die Bewertung der von dem Drehratensensor erzeugten Sensorsignale vornimmt, werden auf überraschend und einfache Weise die bei Verwendung von Integratoren auftretenden Nachteile beseitigt, da nunmehr die zur Vermeidung eines Überlaufes erforderlichen Maßnahmen, insbesondere die im Stand der Technik genannten weiteren Sensoren entfallen.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren macht dabei erstmals von einer theoretischen Überschlag-Kennlinie als Kennlinienmodell zur Erzeugung des erfindungsgemäßen Auslösealgorithmus Gebrauch, die in Anspruch 1 als Gleichung (1) bezeichnet wird und dessen ω - α -Graph in Fig. 1 dargestellt ist, wobei $|\omega|$ den Betrag der Drehgeschwindigkeit der bei einem drohenden Überschlag des Fahrzeuges auftretenden Wankbewegung bzgl. dessen x-Achse (Längsachse) und $|\alpha|$ den Betrag des Neigungswinkels in y-Richtung (Querachse) des Fahrzeuges darstellt. Der ω - α -Graph teilt den ersten Quadranten in zwei Gebiete ein, die einerseits Fahrzeugzustände mit ω - α -Kombinationen betreffen, die zur Auslösung einer Sicherheitseinrichtung führen sollen, also Fire-Szenarien und andererseits No-Fire-Szenarien darstellen, deren ω - α -Kombinationen nicht zur Auslösung der Sicherheitseinrichtung führen sollen. Die $\omega_{\text{grenz},0}$ -Kombination bzw. $0, \alpha_{\text{kipp}}$ -Kombination stellt einen Grenzzustand eines Fahrzeuges mit einer Drehgeschwindigkeit ω_{grenz} in x-Richtung und einem Neigungswinkel von 0° bzw. mit einer Drehgeschwindigkeit 0 und einem Neigungswinkel (statischer Kippwinkel) α_{kipp} dar, der zu einem Überschlag führt. Diese Parameter sind fahrzeugspezifisch und müssen daher für jeden Fahrzeugtyp gesondert bestimmt werden.

[0009] Ferner zeigt Fig. 1 neben der Überschlag-Kennlinie 1 drei Überschlagszenarien mit den Kurven 2, 3 und 4. Die Kurve 2 zeigt den Verlauf eines Überschlages, der mit einer hohen Anfangsgeschwindigkeit beginnt, während bei Kurve 3 das Fahrzeug auf eine Schraubrampe auffährt und sich anschließend überschlägt. Mit der Kurve 4 wird ein quasistatischer Überschlag dargestellt, bei dem das Fahrzeug mit einer Winkelgeschwindigkeit von nahezu Null den statischen Kippwinkel erreicht und sich dann überschlägt.

[0010] Die Tiefpassfilterfunktionen können als digitale Filter, vorzugsweise 1. Ordnung mittels eines Computers erzeugt werden, wobei der Filteralgorithmus aus linearen Differenzengleichungen mit konstanten Koeffizienten besteht, wobei sowohl rekursive als auch nichtrekursive Differenzengleichungen verwendbar sind.

[0011] Ein Filteralgorithmus für die erste und zweite Tiefpassfilterfunktion $Y_{1,n}$, $n = 1, 2, \dots$ und $Y_{2,n}$, $n = 1, 2, \dots$ eines rekursiven Filters erster Ordnung nimmt näherungsweise folgende Form an:

$$Y_{1,n} = d_1 Y_{1,n-1} + c_1 X_n, \quad n = 1, 2, \dots \text{ bzw.}$$

$$Y_{2,n} = d_2 Y_{2,n-1} + c_2 X_n, \quad n = 1, 2, \dots$$

wobei X_n die digitalisierte Eingangsfolge der Drehge-



schwindigkeit ω und $Y_{1,n}$ bzw. $Y_{2,n}$ die entsprechende binäre Ausgangsfolge darstellen, wobei die Werte dieser Ausgangsfolgen $Y_{1,n}$ und $Y_{2,n}$ für über der Grenzfrequenz liegende ω -Werte aufgrund der integrierenden Eigenschaft in diesem Frequenzbereich annähernd proportional zu den Werten des Neigungswinkels α sind. Die Koeffizienten des Filteralgorithmus werden entsprechend dem Verfahrensschritt b) durch Approximation mittels der Festlegung der Grenzfrequenzen und der Auslöseschwellen derart ermittelt, daß die Bedingung (2) erfüllt ist.

[0012] Die Grenzfrequenz wird jeweils entsprechend der anfänglichen Drehgeschwindigkeit bestimmt, so daß eine anfänglich hohe Drehgeschwindigkeit, die einer hohen anfänglichen Rotationsenergie entspricht, zu einer hohen Grenzfrequenz mit einer hieran angepaßten Auslöseschwelle, d. h. zu einer ebenfalls hohen Auslöseschwelle führt, während für eine niedrige anfängliche Drehgeschwindigkeit, die einer niedrigen anfänglichen Rotationsenergie entspricht, eine niedrige Grenzfrequenz mit einer hieran angepaßten Auslöseschwelle, d. h. eine ebenfalls niedrige Auslöseschwelle festgelegt wird. Die Werte der Grenzfrequenz sowie der zugehörigen Auslöseschwelle hängen von dem jeweiligen Fahrzeugtyp sowie von der darin eingebauten, im Crashfall auszulösenden Sicherheitseinrichtung (Überrollbügel, Gurtstraffer, Sideairbag) ab und müssen daher für jeden Anwendungsfall angepaßt werden um ein optimales und sicheres Auslöseverhalten sicherzustellen.

[0013] Zur Approximation der Überschlagn-Kennlinie gemäß Gleichung (1) wird vorzugsweise eine Sprungfunktion $\omega(t)$ als Eingangsfolge für die Tiefpassfilterfunktionen von diesen verarbeitet und deren resultierender ω - α -Graph mit dem Graphen der Überschlagn-Kennlinie verglichen und gegebenenfalls eine Anpassung der Grenzfrequenzen und der Schwellwerte vorgenommen.

[0014] Im weiteren wird der Auslösealgorithmus mit aus früheren Fahrzeugversuchen gewonnenen, also realen Sensorsignaturen und/oder mit im Rahmen einer passenden Simulationsumgebung simulierten Sensorsignaturen getestet. Anhand dieser Simulationsergebnisse wird die Auslösekennlinie im ω - α -Diagramm bewertet und gegebenenfalls eine Anpassung der Grenzfrequenzen und der zugehörigen Auslöseschwellen vorgenommen.

[0015] Mit einem solchen erfindungsgemäßen Verfahren zur Erzeugung eines Auslösealgorithmus kann das Auslöseverhalten individuell an jeden Fahrzeugtyp angepaßt werden, ohne zunächst kostspielige Fahrversuche durchführen zu müssen.

[0016] Bei einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung dieses erfindungsgemäßen Verfahrens werden zusätzliche Signale weiterer Sensoren von dem Auslösealgorithmus, im folgenden erweiterter Auslösealgorithmus genannt, verarbeitet, wobei diese Sensoren fahrzeugzustandsspezifische, die Stabilität anzeigende Parameter, insbesondere Vertikalbeschleunigung, Lateralbeschleunigung und Neigungswinkel erfassen. Mit diesen zusätzlichen Daten lassen sich die Werte der Auslöseschwellen dynamisch an den jeweiligen Fahrzeugzustand anpassen. So kann zum Beispiel der Anfangswert des Neigungswinkels des Fahrzeuges oder dessen Stabilität aufgrund des Beschleunigungswertes in z-Richtung bei der Auslöseentscheidung berücksichtigt werden. Damit soll in Abhängigkeit der detektierten fahrzeugspezifischen Parameter eine noch bessere Differenzierung nach Fire-szenarien, d. h. Fahrzeugzustände, die zur Auslösung der Sicherheitseinrichtung führen soll, und No-fire-szenarien erzielt werden.

[0017] Der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugte Auslösealgorithmus kann mit Vorteil in einem Sicherheitssystem für Kraftfahrzeuge eingesetzt werden. Da-

bei wird dieser Auslösealgorithmus in dem Steuergerät des Sicherheitssystems implementiert, das einen Drehratensensor zur Erfassung der Drehgeschwindigkeit der Wankbewegung des Fahrzeuges und wenigstens eine Sicherheitseinrichtung aufweist. Dabei kann der erfindungsgemäß erzeugte Auslösealgorithmus sowohl analog, also mit entsprechenden analogen Filtern, oder softwaremäßig mittels eines Prozessors im Steuergerät des Sicherheitssystems realisiert werden.

[0018] Die Grenzfrequenzen und die Auslöseschwellen werden so festgelegt, daß die Tiefpassfilterfunktion für die hohen Drehgeschwindigkeiten die höhere Grenzfrequenz und eine entsprechend hohe Auslöseschwelle aufweist, während die Tiefpassfilterfunktion für die niedrigeren Drehgeschwindigkeiten auch eine entsprechende niedrigere Grenzfrequenz und auch eine niedrigere Auslöseschwelle benötigt. Entsprechende Werte für die Grenzfrequenzen für langsame oder schnelle Fahrzeugüberschläge sind in den Ansprüchen 9 und 10 angegeben.

[0019] So weist gemäß einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel eine erste Tiefpaßfilterfunktion zur Erkennung eines schnellen Überschlages mit hoher anfänglicher Rotationsenergie eine hohe Grenzfrequenz in der Größenordnung einiger Hz und einen entsprechend hohen Auslöseschwellwert auf, während die zweite Tiefpaßfilterfunktion zur Erkennung eines Überschlages mit niedrigerer Rotationsenergie eine darunterliegenden Grenzfrequenz von nur wenigen Hz mit einem hieran angepaßten Auslöseschwellwert auf. Damit wird insbesondere bei schnellen Überschlagen auch eine schnelle Auslösung der Sicherheitseinrichtung sichergestellt. Vorzugsweise kann dieses Ausführungsbeispiel mit einer dritten, langsame Überschläge detektierende Tiefpaßfilterfunktion ausgestattet werden, deren Grenzfrequenz größenordnungsmäßig einige 1/10-Hz mit einer daran angepaßten Auslöseschwellwert beträgt. Bei Verwendung von drei Tiefpaßfilterfunktionen kann eine optimale Differenzierung nach Überschlagnszenarien und gleichzeitig auch nach sogenannten No-fire-szenarien, d. h. solche Fahrzeugzustände, die nicht zu einer Auslösung der Sicherheitseinrichtung führen sollen, erzielt werden.

[0020] Weiterhin können bei einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel die von dem Drehratensensor erzeugten Signale zuerst einem Hochpaßfilter zugeführt werden, bevor sie von den Tiefpaßfilterfunktionen verarbeitet werden. In vorteilhafter Weise wird mit dieser Maßnahme die Nullpunktungenauigkeit des Drehratensensors vermindert.

[0021] Bei einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel des Sicherheitssystems wird der erweiterte Auslösealgorithmus in dessen Steuergerät implementiert um zusätzlich zur Drehrate fahrzeugspezifische Parameter zu bewerten. Vorzugsweise wird unter Verwendung eines Beschleunigungssensors die Vertikalbeschleunigung eines Kraftfahrzeuges erfaßt und mit wenigstens einer Anpassungsschwelle verglichen, und bei einer Überschreitung bzw. Unterschreitung dieser Anpassungsschwelle die Werte der Auslöseschwellen hochgesetzt bzw. heruntergesetzt werden. Damit wird das Signal eines solchen Beschleunigungssensors nicht zur Auswertung des Drehratensensorsignals benötigt – wie dies im Stand der Technik vorgesehen ist – sondern zur dynamischen Anpassung der Auslöseschwellen, da dieses Signal zusätzliche Informationen hinsichtlich der Stabilität des Fahrzeuges liefert und damit eine Art von Plausibilitätsprüfung hinsichtlich eines zum Beispiel hohen Anfangswertes einer Drehgeschwindigkeit durchgeführt wird. Das heißt, daß bei einem großen Wert des z-Beschleunigungssignals die Auslöseschwellen trotz hoher anfänglicher Drehgeschwindigkeit höher gelegt werden können, während ein niedriges Signal auf eine geringe Fahrstabilität des Fahrzeu-



ges hinweist und daher eine niedrige Auslöseschwelle einzustellen ist. In vorteilhafter Weise wird damit eine schnellere Auslösung bei langsamen Überschlagen erreicht und gleichzeitig bei extremen, im normalen Fahrbetrieb kaum vorkommenden Situationen, wie z. B. bei stark überhöhten Kurven, eine Auslösung verhindert.

[0022] Anstelle eines solchen Beschleunigungssensors kann auch ein Neigungssensor eingesetzt werden. Die Anpassung der Auslöseschwellen erfolgt dabei derart, daß bei einem großen Neigungswinkel eine niedrige Auslöseschwelle gesetzt wird, da dann die Fahrstabilität gering ist, dagegen bei einem niedrigen Neigungswinkel eine höhere Auslöseschwelle vorzusehen ist. Der Neigungssensor bietet darüber hinaus zusätzlich noch den Vorteil, auch das Vorzeichen des Neigungswinkels anzugeben. Damit können die Schwellen asymmetrisch angepaßt werden, d. h., wenn die Drehrate und der Neigungswinkel das gleiche Vorzeichen haben, wird ein niedriger Auslöseschwellwert, während bei verschiedenen Vorzeichen ein hoher Auslöseschwellwert gesetzt wird.

[0023] Als weitere fahrzeugspezifische Parameter können bei einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Sicherheitssystems sowohl die Vertikalbeschleunigung als auch die Lateralbeschleunigung erfaßt werden, wobei mittels des Wertes aus dem Quotienten aus Lateralbeschleunigung und Vertikalbeschleunigung einerseits eine dynamische Anpassung der Auslöseschwellwerte erfolgt, indem bei einem instabilen Fahrzeugzustand anzeigenden hohen Wert dieses Quotienten eine niedrige Auslöseschwelle gesetzt wird und andererseits direkt und unmittelbar die Sicherheitseinrichtung ausgelöst wird, falls der Wert dieses Quotienten eine vorbestimmte feste Quotientenschwelle überschreitet. Bei dieser Ausführungsform läßt sich eine verbesserte Differenzierung nach Fire-Szenarien und No-Fire-Szenarien erzielen.

[0024] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann anstelle eines Beschleunigungsaufnehmers zur Erfassung der Lateralbeschleunigung ein Neigungssensor zur Messung des Neigungswinkels vorgesehen werden, wobei anhand des durch die Vertikalbeschleunigung und den Neigungswinkel charakterisierten Fahrzeugzustandes die dynamischen Auslöseschwellwerte eingestellt werden. Insbesondere können die Sensorwerte des Neigungssensor dazu verwendet werden, um die Meßwerte mit einem dem statischen Kippwinkel des Kraftfahrzeuges entsprechenden Kippwinkel zu vergleichen, um bei einer Überschreitung des statischen Kippwinkels direkt die Sicherheitseinrichtung auszulösen. Damit wird sichergestellt, daß bei einem solchen Überschlagenzenario, also bei einem statischen Überschlagen immer eine Auslösung der Sicherheitseinrichtung erfolgt.

[0025] Desweiteren kann bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform anhand des die Vertikalbeschleunigung und die Drehgeschwindigkeit charakterisierenden Fahrzeugzustandes die Plausibilität des Neigungswinkels bewertet werden, so daß bei einem plausiblen Wert des Neigungswinkels dieser als aktueller Wert des Neigungswinkels gesetzt, gleichzeitig dieser als plausibel bewertete Wert mit einem dem statischen Kippwinkel des Kraftfahrzeuges entsprechenden Kippschwellwert verglichen und die Sicherheitseinrichtung ausgelöst wird, falls der Kippschwellwert den Betrag dieses Wertes überschreitet. Die Überprüfung der Plausibilität ist deshalb vorteilhaft, da damit No-Fire-Szenarien darstellende Fahrsituationen, wie beispielsweise das Durchfahren einer Steilwand, gut erkennbar sind, aber gleichzeitig bei extrem langsamen Überschlagen, sogenannten "quasistatischen Überschlagen", bei denen die Auslöseschwellwerte nicht überschritten werden, die Auslösung dann aber bei Überschreitung des Kippschwellwertes erfol-

gen kann.

[0026] Liegt dagegen kein plausibler Wert des Neigungswinkels vor, wird die während des Fahrbetriebes des Kraftfahrzeuges erfolgte Änderung des Neigungswinkels mittels einer Integration der Drehgeschwindigkeit bestimmt und mit dem Startwinkel addiert und die Summe als aktueller Neigungswinkel gesetzt.

[0027] Schließlich können in Abhängigkeit des gesetzten aktuellen Wertes des Neigungswinkels die Werte der Auslöseschwellen an den durch diesen Neigungswinkel charakterisierten Fahrzeugzustand angepaßt werden.

[0028] Ausführungsbeispiele von Sicherheitssystemen mit einem Auslösealgorithmus, der gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugt ist, sind nachstehend ausführlich erläutert und anhand der Figuren dargestellt.

[0029] Es zeigen

[0030] Fig. 1 ω - α -Graph der Gleichung (1) als theoretische Überschlagen-Kennlinie,

[0031] Fig. 2 Ein Blockschaltbild eines Sicherheitssystems mit einem erfindungsgemäß erzeugten Auslösealgorithmus, das einen Drehratensensor und drei Tiefpaßfilterfunktionen zur Auswertung der Sensorsignale aufweist,

[0032] Fig. 3 Ein Ablaufdiagramm zur softwaremäßigen Realisierung des Sicherheitssystems gemäß Fig. 1,

[0033] Fig. 4 Ein ω - α -Diagramm des in dem Sicherheitssystems gemäß Fig. 2 implementierten Auslösealgorithmus mit dem Auslöseverhalten der einzelnen Auslöseverzweige,

[0034] Fig. 5 Ein Sicherheitssystem gemäß Fig. 1 mit einem zusätzlichen Beschleunigungsaufnehmer in z-Richtung bzw. einem zusätzlichen Neigungssensor,

[0035] Fig. 6 Ein gemäß Fig. 5 modifiziertes Ausführungsbeispiel,

[0036] Fig. 7 Ein Ablaufdiagramm zur softwaremäßigen Realisierung des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 5,

[0037] Fig. 8 Ein Blockschaltbild gemäß Fig. 1 mit zwei zusätzlichen Beschleunigungsaufnehmern in z- und y-Richtung,

[0038] Fig. 9 Ein Blockschaltbild gemäß Fig. 1 mit einem zusätzlichen Neigungssensor in y-Richtung und einem zusätzlichen Beschleunigungsaufnehmer in z-Richtung,

[0039] Fig. 10 Ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 8, bei dem hinsichtlich der Sensorwerte des Neigungssensors eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt wird, und

[0040] Fig. 11 Ein Ablaufdiagramm zur Bewertung der Plausibilität des von einem Neigungssensor erzeugten α -Wertes.

[0041] In den Figuren sind gleiche Funktionsblöcke bzw. gleichwirkende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Dabei sind die Blockschaltbilder derart aufzufassen, daß die dargestellten Funktionsblöcke sowohl mit analogen Bauteilen als auch hinsichtlich ihrer Funktion softwaremäßig mittels eines Prozessors realisierbar sind.

[0042] Die Beschreibung der Fig. 1 erfolgte schon in der Beschreibungseinleitung und soll daher nicht wiederholt werden.

[0043] Fig. 2 zeigt als erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Sicherheitssystems eine Anordnung, bestehend aus einem Drehraten- oder Gyrosensor 1, der ein zur Winkelgeschwindigkeit ω_x (Drehrate) um die Längsachse (x-Achse) eines Fahrzeuges proportionales Signal erzeugt, das einem Hochpaßfilter HP, das optional eingesetzt werden kann, zugeführt wird und Tiefpaßfilter TP₁, TP₂ und TP₃, im allgemeinen 1. Ordnung, denen die gefilterten Signale des Hochpaßfilters HP direkt zur Auswertung weitergeleitet werden.

[0044] Die Ausgangssignale der Tiefpaßfilter TP₁, TP₂ bzw. TP₃ werden jeweils dem nicht-invertierenden Eingang



von Komparatoren K_1 , K_2 bzw. K_3 zugeführt, die die gefilterten Signale mit den an den invertierenden Eingängen der Komparatoren K_1 , K_2 bzw. K_3 angelegten Auslöseschwellwerten S_1 , S_2 bzw. S_3 vergleichen, wobei diese Auslöseschwellwerte von Schwellwertschaltung SW_i , $i = 1, 2, 3$ erzeugt werden.

[0045] Sobald an den Komparatoren K_1 , K_2 oder K_3 eines der gefilterten Signale eine der Auslöseschwellwerte S_i , mit $i = 1, 2, 3$ überschreitet, wird das von dem jeweiligen Komparator K_i – oder von mehreren Komparatoren erzeugte – H-Signal über ein OR-Gatters 2 einer Zündendstufe 3 zur Auslösung einer nicht dargestellten Sicherheitseinrichtung zugeführt.

[0046] Die in Fig. 2 dargestellten Einheiten – ausgenommen Drehratensensor 1 und Zündendstufe 3 – werden mittels eines Mikroprozessors im Steuergerät des Sicherheitssystems durch Implementation eines erfindungsgemäßen Auslösealgorithmus mit entsprechenden Tiefpassfilterfunktionen $Y_{1,n}$, $Y_{2,n}$, $Y_{3,n}$ $n = 1, 2, \dots$ realisiert. Dabei handelt es sich bei den drei Tiefpaßfilter TP_1 , TP_2 und TP_3 um bekannte Tiefpaßfilter, realisiert als digitale Filter, beispielsweise als IIR-Filter, im allgemeinen 1. Ordnung, die sich durch verschiedene hohe Grenzfrequenzen f_{gi} , $i = 1, 2, 3$ und Auslöseschwellwerte S_i , $i = 1, 2, 3$ unterscheiden. Die Grenzfrequenzen f_{gi} und Auslöseschwellen S_i werden derart bestimmt, daß die resultierende Auslösekennlinie die theoretische Überschlag-Kennlinie gemäß Gleichung (1) näherungsweise approximiert, deren Parameter ω_{grenz} und α_{kipp} fahrzeugspezifisch festgelegt werden. Fig. 4 zeigt die Auslösekennlinie als ω - α -Graph 1 des implementierten Auslösealgorithmus sowie das Auslöseverhalten der drei Einzelzweige in Form der ω - α -Graphen 2, 3, und 4, wobei auch die in Fig. 1 dargestellte theoretische Überschlag-Kennlinie als ω - α -Graph 5 eingetragen ist.

[0047] Das Fire-Gebiet, wo also eine Auslösung der Sicherheitseinrichtung erwünscht ist, sind diejenigen ω - α -Kombinationen, für die mit der resultierenden Auslösekennlinie 1 als Funktion $\alpha(\omega)$ gilt: $\alpha \geq \alpha(\omega)$. Das Gebiet derjenigen ω - α -Kombinationen mit $\alpha < \alpha(\omega)$ stellt das No-Fire-Gebiet dar, bei dem eine Auslösung der Sicherheitseinrichtung unterbleiben soll.

[0048] Der erste Auslösezweig mit dem ersten Tiefpassfilter TP_1 und der zugehörigen Auslöseschwelle S_1 entspricht dem ω - α -Graphen 2, wobei die Grenzfrequenz f_{g1} einige Hz beträgt und die Auslöseschwelle hieran angepaßt ist. Dieser Zweig dient zur schnellen Auslösung bei einer hohen Drehrate ω_x , nämlich bei Werten größer als $100^\circ/\text{s}$, die jedoch bei typischen Überschlagszenarien kaum auftreten. Die Kurve 2 zeigt auch, daß die untere Schwelle, bis zu der keine Auslösung erfolgt, relativ hoch liegt, nämlich bei einer Drehrate des Fahrzeuges um seine x-Achse von nahezu $100^\circ/\text{s}$. Die beiden anderen Auslösezweige sind an Überschlagszenarien mit einer geringeren Drehrate angepaßt, die gegenüber den zuvor genannten Situationen häufiger auftreten. Die Kurve 4 des dritten Auslösezweiges entspricht dem dritten Tiefpassfilter TP_3 mit zugehöriger Schwellwertschaltung SW_3 . Dieser Auslösezweig mit der niedrigsten Grenzfrequenz f_{g3} in der Größenordnung von einigen $1/100$ -Hz und einem hieran angepaßten Auslöseschwellwert S_3 löst bei langsamen Überschlägen aus, wobei auch die untere Grenze, unterhalb der keine Auslösung erfolgt, ebenfalls niedrig, nämlich bei einer Drehrate des Fahrzeuges von ca. $10^\circ/\text{s}$ liegt. Die Kurve 2 deckt den dazwischen liegenden Bereich ab und erfäßt damit typische Überschlagszenarien. Die zugehörige Grenzfrequenz f_{g2} liegt bei einigen $1/10$ -Hz mit einem hieran angepaßten Auslöseschwellwert S_2 . Die optimierten Werte werden aufgrund von simulierten Sensorsignaturen oder anhand von realen Crashdaten und letztendlich auch durch

konkrete Fahr- und Crashversuche ermittelt. Ziel ist es, diese Parameter derart festzulegen, daß die größtmögliche Sensitivität hinsichtlich aller Fire-szenarien erzielt wird, jedoch gleichzeitig bei No-fire-szenarien eine Auslösung unterbleibt.

[0049] Betrachtet man das Auslöseverhalten des Gesamtsystems anhand der Kurve 1, so ist zu erkennen, daß die untere Grenze von ω_x , bei der keine Auslösung mehr erfolgt, der Grenze des dritten Auslösezweiges (entsprechend Kurve 4 aus Fig. 4) entspricht. Ferner nimmt bei einer Drehrate oberhalb von $250^\circ/\text{s}$ der Auslösewinkel α linear zu. Die Ursache hierfür liegt in dem begrenzten Meßbereich des Drehratensensors 1.

[0050] Das in Fig. 2 beschriebene Ausführungsbeispiel für eine Überschlagserkennung mit dem erfindungsgemäßen Auslösealgorithmus zeigt drei Tiefpaßfilterfunktionen, jedoch kann entsprechend den Anforderungen an das Auslöseverhalten dieser Auslösealgorithmus auch auf zwei Tiefpaßfilterfunktionen beschränkt oder auf mehr als drei Tiefpaßfilterfunktionen erweitert werden, wobei im letzteren kleinere Abstände zwischen den Grenzfrequenzen gewählt werden können. Der entsprechende Auslösealgorithmus wird in einem Steuergerät, das einen Mikroprozessor enthält, implementiert.

[0051] Wie oben schon ausgeführt, kann das in Fig. 2 dargestellte Hochpaßfilter HP optional – unabhängig von der Anzahl der gewählten Tiefpaßfilterfunktionen – eingesetzt werden. Zweck dieser Hochpaßfilterfunktion ist es, eine beispielsweise durch Temperaturschwankungen hervorgerufene niederfrequente Drift des Drehratensensorsignals zu eliminieren und so das Drehratensensorsignal zu stabilisieren. Gegebenenfalls kann auf diese Hochpaßfilterfunktion verzichtet werden, wenn die Temperaturschwankungen nur zu einer geringen Drift führen.

[0052] Die bei einer softwaremäßigen Realisierung von einem Mikroprozessor vorzunehmenden Verarbeitungsschritte sind in dem Ablaufdiagramm der Fig. 3 dargestellt. Hiernach werden nach dem Start (Schritt S1) zunächst die Signale des Drehratensensors als ω_x -Werte digitalisiert (Schritt S2). Anschließend werden im Schritt S3 die Filterwerte der $Y_{1,n}(\omega)$, $Y_{2,n}(\omega)$ und $Y_{3,n}(\omega)$ der Filter TP_1 , TP_2 und TP_3 , realisiert als Filterfunktionen $Y_{1,n}$, $Y_{2,n}$ und $Y_{3,n}$, berechnet und nachfolgend ein Vergleich mit den Auslöseschwellwerten S_1 , S_2 und S_3 durchgeführt (Schritt S4). Falls einer dieser Auslöseschwellwerte S_1 , S_2 oder S_3 überschritten wird, erfolgt mit Schritt S5 die Auslösung einer Sicherheitseinrichtung, beispielsweise eines Gurtstraffers, eines Sideairbags oder eines Überschlagbügels. Bleiben alle gefilterten ω_x -Werte unter diesen Auslöseschwellwerten, beginnt das Verfahren wieder mit Schritt S2.

[0053] Eine Verbesserung des Auslöseverhaltens wird mit einem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 gegenüber jenem nach Fig. 2 mit einem zusätzlich Beschleunigungssensor 4 in z-Richtung oder alternativ hierzu ein Neigungssensor 5 erzielt, dessen Signale als a_z -Werte bzw. α -Werte von einer Tiefpassfilterfunktion $Y_{\alpha,n}$ bzw. $Y_{\alpha,n}$ verarbeitet werden, die in Fig. 5 als Tiefpassfilter $TP_{\alpha z}$ bzw. TP_{α} dargestellt ist.

[0054] Die zusätzliche Information des Beschleunigungssensors 4 wird dazu verwendet, um einerseits eine dynamische Anpassung der Auslöseschwellwerte $S_i(a_z)$ ($i = 1, 2, 3$) vorzunehmen, so daß die Auslösung bei schnellen Überschlägen schneller und bei langsamen Überschlägen früher erfolgt und andererseits bei extremen, im normalen Fahrbetrieb des Fahrzeuges selten auftretenden Situationen, wie zum Beispiel in einer überhöhten Kurve, eine Auslösung unterbleibt. Das Beschleunigungssignal a_z liefert hierzu zusätzliche Informationen über die Stabilität des Fahrzeuges. Bei einem a_z -Wert von wenigstens $1g$ (= Erdbeschleuni-



gung) kann von einem stabilen Fahrzeugzustand ausgegangen werden. In einem solchen Fall werden die a_z -Werte von der Tiefpassfilterfunktion verarbeitet und dienen zur Anpassung der Auslöseschwellwerte $S_i(\alpha)$ ($i = 1, 2, 3$) an diesen Fahrzeugzustand, indem die Auslöseschwellwerte erhöht werden. Umgekehrt muß bei einem sehr niedrigen a_z -Wert von einem weniger stabilen Fahrzeugzustand des Fahrzeuges ausgegangen werden, mit der Folge, daß die Auslöseschwellwerte erniedrigt werden. Die Auslöseschwellwerte $S_i(\alpha)$ stellen daher eine Funktion $f_i(Y_{\alpha z}(\alpha_z))$ des gefilterten Beschleunigungssignals a_z dar, das somit neben der Information aus den ω_x -Werten hinsichtlich der Fahrzeuglage eine redundante Information liefert.

[0055] Mit dieser dynamischen Schwellwertanpassung können auch bezüglich der Fahrzeuglage extreme Situationen sicher detektiert werden. Dies ist zum einen das Durchfahren einer Steilkurve und zum anderen das Befahren einer Schraubrampe mit anschließendem Überschlag. Die erstgenannte Situation stellt ein No-Fire-Szenario, die letztgenannte ein Fire-Szenario dar. Das Erkennen und richtige Interpretieren dieser Situationen wird dadurch erschwert, daß das anfängliche Verhalten des a_z -Meßwertes bei beiden Situationen identisch ist, nämlich ein schnelles Ansteigen auf einen hohen Wert α_z mit $\alpha_z > 1$. Danach fällt der a_z -Meßwert bei der Schraubrampe auf einen kleinen Wert mit $\alpha_z \ll 1$ ab, da das Fahrzeug in den schwerelosen Zustand oder einen seitlichen, schwereloseähnlichen Zustand übergeht, während im anderen Fall der a_z -Meßwert auf einem positiven g -Wert mit $\alpha_z > 1$ bleibt, der während des Befahrens in der Steilkurve nahezu konstant ist. Die dynamische Anpassung erfolgt nun dadurch, daß die Schwellwerte dem a_z -Wert nachgeführt werden, d. h., daß bei hohem a_z -Wert die Schwellen hochgesetzt und bei abnehmenden a_z -Wert ebenfalls erniedrigt werden. Damit wird sichergestellt, daß beim Befahren der Steilkurve eine Auslösung unterbleibt.

[0056] Bei Verwendung des Neigungssensors 5 anstelle des Beschleunigungssensors 4 werden die dadurch zusätzlich gewonnenen Informationen (als α -Werte) über die Stabilität des Fahrzeuges derart eingesetzt, daß bei entsprechend großen α -Werten angenommen wird, daß nur noch eine geringe Fahrstabilität vorliegt, also die Auslöseschwellwerte herabgesetzt werden müssen, so daß schon bei geringen ω_x -Werten ausgelöst wird. Da der Neigungssensor 5 auch das Vorzeichen des Kippwinkels liefert, können die Auslöseschwellwerte asymmetrisch angepaßt werden, d. h., wenn die ω_x -Werte der Drehrate und die α -Werte das gleiche Vorzeichen haben, wird ein niedriger Auslöseschwellwert eingestellt, wenn dagegen unterschiedliche Vorzeichen vorliegen, wird ein hoher Schwellwert verwendet.

[0057] Zusätzlich zu dem Tiefpaßfilter TP_{az} bzw. TP_{α} kann zwecks Realisierung einer Kippwinkeldetektion ein Tiefpassfilter $TP_{az,stat}$ bzw. $TP_{\alpha,stat}$, ein Komparator K_4 und eine zugehörige Schwellwertschaltung SW_4 zur Erzeugung eines Schwellwertes $S_4(a_z)$ bzw. $S_4(\alpha)$ vorgesehen werden, der dem statischen Kippwinkel des Fahrzeuges entspricht. Überschreitet der gefilterte α_z -Wert bzw. der gefilterte α -Wert den Schwellwert $S_4(a_z)$ bzw. $S_4(\alpha)$, erfolgt über den Komparator K_4 und dem OR-Gatter 2 die Auslösung der Sicherheitseinrichtung 3.

[0058] Das Sicherheitssystem gemäß Fig. 6 zeigt eine weitere Realisierung der dynamischen Schwellwertanpassung, wobei dieses Sicherheitssystem im Vergleich zu jenem gemäß Fig. 5 anstelle eines den Schwellwertschaltungen SW_i , $i = 1, 2, 3$ vorgeschalteten Tiefpassfilters $TP_{\alpha z}$, drei Tiefpassfilter $TP_{\alpha z i}$, $i = 1, 2, 3$ aufweist, deren Ausgang auf jeweils eine Schwellwertschaltung SW_i , $i = 1, 2, 3$ geführt sind. Dabei ist jeweils zwischen einer Schwellwertschaltung SW_i , $i = 1, 2, 3$ und einem Tiefpassfilter $TP_{\alpha z i}$, $i = 1, 2, 3$ ein

Komparator K_5 , K_6 bzw. K_7 mit jeweils einer Schwellwertschaltung SW_5 , SW_6 bzw. SW_7 vorgesehen.

[0059] Der bei einer softwaremäßigen Realisierung dieses Sicherheitssystems zu implementierende Algorithmus weist als erweiterter Auslösealgorithmus entsprechend diesen drei Tiefpassfilter $TP_{\alpha z i}$, $i = 1, 2, 3$, den Komparatoren und den Schwellwertschaltungen SW_5 , SW_6 und SW_7 Tiefpassfilterfunktionen $Y_{\alpha z 1,n}$, $Y_{\alpha z 2,n}$ und $Y_{\alpha z 3,n}$ mit entsprechenden Grenzfrequenzen $f_{g,\alpha z 1}$, $f_{g,\alpha z 2}$ und $f_{g,\alpha z 3}$ und jeweils zugeordnete Schwellwerte S_i , $i = 5, 6, 7$ auf.

[0060] Die Grenzfrequenzen $f_{g,\alpha z 1}$, $f_{g,\alpha z 2}$ und $f_{g,\alpha z 3}$ der Tiefpassfilter $TP_{\alpha z i}$, $i = 1, 2, 3$ als auch die Schwellwerte S_i , $i = 5, 6, 7$ der Komparatoren K_i , $i = 5, 6, 7$ sind unterschiedlich und so bestimmt, daß in absteigender Folge das erste Tiefpassfilter $TP_{\alpha z 1}$ die höchste Grenzfrequenz und das dritte Tiefpassfilter $TP_{\alpha z 3}$ die niedrigste Grenzfrequenz aufweist. Für die Schwellwerte S_i , $i = 5, 6, 7$ der Schwellwertschaltungen SW_5 , SW_6 , SW_7 gilt entsprechendes. Wird einer der Schwellwerte S_i , $i = 5, 6, 7$ von dem Ausgangssignal eines vorgeschalteten Tiefpassfilters $TP_{\alpha z i}$, $i = 1, 2, 3$ unterschritten, erniedrigt sich die Auslöseschwelle $S_i(a_z)$, $i = 1, 2, 3$ der jeweils nachgeschalteten Schwellwertschaltung SW_i , $i = 1, 2, 3$ um eine vorbestimmte Stufe; steigt das Ausgangssignal des entsprechenden Tiefpassfilters wieder über den Schwellwert an, wird die Auslöseschwelle ebenfalls erhöht.

[0061] Anstelle des Beschleunigungsaufnehmers 4 in z-Richtung kann entsprechend Fig. 5 ein Neigungssensor 5 eingesetzt werden, wie dies durch eine gestrichelt gezeichnete Verbindungslinie zu den Tiefpassfiltern $TP_{\alpha i}$, $i = 5, 6, 7$ in Fig. 6 dargestellt ist. Entsprechend wie dort schon beschrieben, werden nach Filterung der digitalisierten α -Werte durch die Tiefpaßfilter $TP_{\alpha i}$, $i = 5, 6, 7$ (realisiert als Tiefpassfilterfunktionen $Y_{\alpha i,n}$, $i = 1, 2, 3$) diese Werte zur dynamischen Anpassung der Auslöseschwellwerte $S_i(\alpha)$, $i = 1, 2, 3$ über die Schwellwertschaltungen bestehend aus den Komparatoren K_i und den Schwellwert-erzeugungsschaltungen S_i , $i = 1, 2, 3$ herangezogen, wie dies im Zusammenhang mit der Erläuterung der Fig. 5 erfolgte. Auch hier wird angenommen, daß bei entsprechend großen α -Werten nur noch eine geringe Fahrstabilität vorliegt, also die Auslöseschwellwerte herabgesetzt werden müssen, so daß schon bei geringen ω_x -Werten ausgelöst wird. Da der Neigungssensor 5 auch das Vorzeichen des Kippwinkels liefert, können ebenso die Auslöseschwellwerte asymmetrisch angepaßt werden, d. h., wenn die ω_x -Werte der Drehrate und die α -Werte das gleiche Vorzeichen haben, wird ein niedriger Auslöseschwellwert eingestellt, wenn dagegen unterschiedliche Vorzeichen vorliegen, wird ein hoher Schwellwert verwendet.

[0062] Um die Sicherheit einer Auslösung bei einem langsamen Überschlag, also einem sogenannten statischen Überschlag zu erhöhen, kann auch bei diesem Ausführungsbeispiel zusätzlich entsprechend dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 ein weiteres in der Fig. 6 als Option (zusammen mit einem Komparator K_4 und einer Schwellwertschaltung SW_4) dargestelltes Tiefpaßfilter $TP_{az,stat}$ bzw. $TP_{\alpha,stat}$ dem Beschleunigungssensor 4 bzw. dem Neigungssensor 5 nachgeschaltet bzw. in dem erweiterten Auslösealgorithmus als weitere Tiefpassfilterfunktion $Y_{\alpha z,stat,n}$ bzw. $Y_{\alpha,stat,n}$ realisiert werden. Mit dem Tiefpaßfilter $TP_{az,stat}$ werden zunächst die Vibrationen aus dem Beschleunigungssignal a_z gefiltert und einem Komparator K_4 an dessen invertierenden Eingang zugeführt. Eine Schwellwertschaltung SW_4 erzeugt einen dem statischen Kippwinkel des Fahrzeuges entsprechenden Auslöseschwellwert S_4 , der bei Unterschreitung durch den gefilterten a_z -Wert über eine Verbindung zum OR-Gatter 2 zur Auslösung einer Sicherheitseinrichtung über die Zündendstufe 3 führt. Diese Unterschreitung wird



als Übergang von einer stabilen Fahrzeuglage, bei der der Beschleunigungssensor 4 einen Wert um 1 g anzeigt, in eine instabile Fahrzeuglage – gekennzeichnet durch einen niedrigen a_z -Wert des Beschleunigungssensors 4 – interpretiert. Der zugehörige Auslöseschwellwert S_4 wird daher entsprechend niedrig – beispielsweise 0,5 g – gewählt.

[0063] Zur softwaremäßigen Realisierung des für das Sicherheitssystem gemäß Fig. 5 erzeugten erweiterten Auslösealgorithmus zeigt Fig. 7 ein Ablaufdiagramm, das im wesentlichen dem aus Fig. 3 entspricht. Die Unterschiede liegen lediglich darin, daß zusätzlich in Schritt S2 auch die a_z -Werte digitalisiert, in einem Schritt S4 die entsprechenden Filterwerte $Y_{\alpha z, n}(\alpha_z)$ und $Y_{\alpha z, stat, n}(\alpha_z)$ erzeugt werden und in Abhängigkeit dieser Filterwerte die Einstellung der Auslöseschwellwerte $S_i(a_z)$ als Funktion $f_i(Y_{\alpha z, n}(\alpha_z))$, $i = 1, 2, 3$ und S_4 als Funktion $f_4(Y_{\alpha z, stat, n}(\alpha_z))$ erfolgt. Die verbleibenden Schritte S6 und S7 entsprechen jenen aus Fig. 3, wobei insbesondere mit Schritt S7, wenn also die Auslöseschwellwerte $S_i(a_z)$, $i = 1, 2, 3$ nicht überschritten werden, ein Vergleich der Filterwerte $|Y_{\alpha z, stat, n}(\alpha_z)|$ mit dem Auslöseschwellwert S_4 als statischen Kippwinkel durchgeführt wird.

[0064] Die dynamische Anpassung der Auslöseschwellwerte S_i ($i = 1, 2, 3$) kann gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 8 auch mit Hilfe der Transversal- und Vertikalbeschleunigung des Fahrzeuges durchgeführt werden. Hierzu dienen vorzugsweise der DC-fähige Beschleunigungssensor 4 in z-Richtung und der ebenfalls vorzugsweise DC-fähiger Beschleunigungssensor 6 in y-Richtung, denen jeweils ein Tiefpaßfilter TP_{az} bzw. TP_{ay} nachgeschaltet ist, die im Prozessor eines Steuergerätes als Filterfunktionen $Y_{\alpha z, n}$ und $Y_{\alpha y, n}$ implementiert sind. Beide von den Filterfunktionen verarbeiteten Beschleunigungswerte, also die gefilterten a_z - und a_y -Werte $Y_{\alpha z, n}(\alpha_z)$ und $Y_{\alpha y, n}(\alpha_y)$ werden zur dynamischen Anpassung der Auslöseschwellwerte $S_i(a_z, a_y)$ ($i = 1, 2, 3$) den Schwellwertschaltungen SW_i ($i = 1, 2, 3$) zugeleitet, werden also in Abhängigkeit der Filterfunktionswerte $Y_{\alpha z, n}(\alpha_z)$ und $Y_{\alpha y, n}(\alpha_y)$ eingestellt. Aus diesen gefilterten Beschleunigungswerten kann zusätzlich der Betrag und die Richtung der Beschleunigung, und damit auch der Neigungswinkel ermittelt werden, um entsprechend die Auslöseschwellwerte anzupassen, wie dies oben schon dargestellt wurde.

[0065] Desweiteren kann bei Verwendung von DC-fähigen Beschleunigungssensoren über das Verhältnis von Lateralbeschleunigung zu Vertikalbeschleunigung die Stabilität des aktuellen Fahrzeugzustandes bewertet werden, indem beispielsweise bei einem hohen Wert dieses Verhältnisses, der also einen instabilen Zustand anzeigt, die Auslöseschwellwerte $S_i(a_z, a_y)$ ($i = 1, 2, 3$) herabgesetzt werden. Ferner kann das Vorzeichen der Lateralbeschleunigung dazu benutzt werden, um die Auslöseschwellwerte vom Vorzeichen der Drehrichtung des Fahrzeugüberschlages abhängig zu machen, und zwar derart, daß bei identischen Richtungen der Drehbewegung und Lateralbewegung ein niedrigerer Auslöseschwellwert gesetzt wird als bei ungleichen Bewegungsrichtungen.

[0066] Schließlich kann mittels einer Funktion, dargestellt in einer Schaltungsanordnung 11, das Verhältnis

$$\left| \frac{Y_{\alpha y, n}(a_y)}{Y_{\alpha z, n}(a_z)} \right|$$

der Filterwerte $Y_{\alpha y, n}(\alpha_y)$ und $Y_{\alpha z, n}(\alpha_z)$ von Lateral- zu Vertikalbeschleunigung berechnet werden und direkt über einen Komparator K₄ mittels einer Schwellwertschaltung SW₄ zur Erzeugung eines festen Auslöseschwellwertes S_4 zur Auslö-

sung einer Sicherheitseinrichtung verwendet werden. Da dieser Wert annähernd proportional zum Wert des Neigungswinkel des Fahrzeuges ist, kann der Auslöseschwellwert S_4 entsprechend dem statischen Kippwinkel α_{kipp} des Fahrzeuges gesetzt werden.

[0067] Das Ablaufdiagramm zur softwaremäßigen Realisierung des Sicherheitssystems nach Fig. 8 entspricht im wesentlichen denjenigen Ausführungsbeispielen, die oben beschrieben wurden und soll daher nicht dargestellt werden.

[0068] Das Ausführungsbeispiel eines Sicherheitssystems nach Fig. 9 ist eine Kombination der beiden in Fig. 5 dargestellten Alternativen, wonach zusätzlich zu einem Drehratensensor 1 ein Beschleunigungssensor 7 in z-Richtung und ein Neigungssensor 8 in y-Richtung vorgesehen sind. Die dynamische Anpassung der Auslöseschwellwerte $S_i(\alpha; a_z)$, $i = 1, 2, 3$ erfolgt in Abhängigkeit der mit einer entsprechenden Tiefpassfilterfunktion $Y_{\alpha, n}$ bzw. $Y_{\alpha z, n}$ gefilterten α -Werte des Neigungssensors 8 und a_z -Werte des Beschleunigungssensors 7, indem bei hohen a_z -Werten die Auslöseschwellwerte unter Berücksichtigung der Richtungsinformation des α -Wertes heraufgesetzt und im umgekehrten Fall, also bei niedrigen a_z -Werten die Auslöseschwellwerte herabgesetzt werden.

[0069] Zwecks Realisierung eines statischen Auslöse-zweiges werden die gefilterten α -Werte $Y_{\alpha, n}(\alpha)$ nicht nur den Schwellwertschaltungen SW_i, $i = 1, 2, 3$ zugeführt, sondern deren Betragswerte auch an den nicht-invertierenden Eingang eines weiteren Komparator K₄, wobei an dessen invertierenden Eingang eine Schwellwertschaltung SW₄ angeschlossen ist. Diese Schwellwertschaltung SW₄ erzeugt in Abhängigkeit der ihr zugeführten gefilterten ω_x -Werte $Y_{3, n}(\omega_x)$ des Filters TP₃ und der gefilterten a_z -Werte $Y_{\alpha z, n}(\alpha_z)$ einen Auslöseschwellwert $S_4(\omega_x, a_z)$, der bei großen a_z -Werten einen großen Wert aufweist, da solche a_z -Werte einen stabilen Fahrzeugzustand anzeigen. Steigen auch die ω_x -Werte an, kann der Auslöseschwellwert mit der Folge einer unterbleibenden Auslösung weiter erhöht werden, da eine solche Situation ebenfalls auf eine stabile Fahrzeuglage, z. B. auf eine Steilwand hindeutet. Bei kleinen a_z -Werten und gleichzeitig großen ω_x -Werten wird dagegen der Auslöseschwellwert $S_4(\omega_x, a_z)$ herabgesetzt.

[0070] Das letzte Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 10 unterscheidet sich im wesentlichen von dem zuletzt erläuterten dadurch, daß zusätzlich aus den ω_x -Werten durch Integration mittels einer Integratorschaltung 12 die Änderung des Neigungswinkel $\Delta\alpha_{int} = \int \omega_x dt$ während des Fahrbetriebes berechnet wird, aus dem zusammen mit dem Startwinkel α_{start} , der den Wert zu Beginn des Fahrbetriebes oder den zu Beginn der Routine des Auslösealgorithmus gesetzten Wert darstellt, der aktuelle Neigungswinkel α_{akt} bestimmt wird, der dann seinerseits für die nächste Routine als Startwinkel α_{start} gesetzt wird.

[0071] In Abhängigkeit des Startwinkels α_{start} (wobei die Neigungsrichtung berücksichtigt werden kann) erfolgt eine dynamische Anpassung der Auslöseschwellwerte $S_i(\alpha)$, wobei diese Winkelwerte α_{start} von einer Winkelbestimmungseinheit 13 den Schwellwertschaltungen SW_i ($i = 1, 2, 3$) zugeführt werden.

[0072] Des weiteren ist eine Plausibilitätseinheit 11 vorgesehen ist, die anhand der von dem Drehratensensor 1 gelieferten ω_x -Werte und der von den Beschleunigungssensoren 4 und 5 gelieferten a_z - und a_y -Werten die von dem Neigungssensor 5 erzeugten α -Werte oder den auf der Basis der a_z - und a_y -Werte berechneten statischen Winkel auf Plausibilität überprüft. Der Vorteil dieser Maßnahmen besteht darin, daß zum einen No-Fire-Szenarien besser bestimmbar sind und zum anderen eine genauere Information über den aktuellen Neigungswinkel erzeugbar ist. Durch die Plausibi-



litätsprüfung kann ein "falscher" statischer α -Wert des Neigungssensors bzw. berechneter α -Wert erkannt werden, so daß eine Auslösung der Sicherheitseinrichtung trotz eines No-Fire-Ereignisses mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.

[0073] Die Gefahr der Anzeige eines "falschen" α -Wertes beruht auf dem physikalischen Prinzip von üblichen Neigungssensoren. So gibt es Sensoren, die den Stand einer Flüssigkeit anzeigen und dadurch entsprechend langsam bzw. bei kurzen und heftigen Beschleunigung in ihrer Empfindlichkeitsrichtung zu einem "Überschwappen" führen und dadurch möglicherweise einen zu großen Wert anzeigen.

[0074] Auch die von Beschleunigungssensoren unter schnellen Bewegungen erzeugten Meßwerte (beispielsweise in z- und y-Richtung) lassen die Berechnung eines Neigungswinkels aufgrund der auftretenden Trägheitskräfte nicht zu. Die Plausibilitätsprüfung dient daher dazu, einen statischen Winkel als solchen nur zu akzeptieren, wenn alle Meßwerte der Sensoren in bestimmten widerspruchsfreien Relationen zueinander stehen bzw. bestimmte Kriterien erfüllen, wie im Zusammenhang der Erläuterung der Fig. 11 weiter unten dargestellt werden soll.

[0075] Desweiteren besteht das Problem, daß bei Verwendung eines Filters zur Glättung der Sensorsignale das System aus Sensor und Filter bei schnellen Vorgängen zu träge reagiert. Mit der Plausibilitätsprüfung sollen auch die daraus resultierenden falschen Bewertungen des Sensorsignales vermieden werden.

[0076] Zunächst legt die Winkelbestimmungseinheit 13 den bei Inbetriebnahme des Fahrzeuges vorliegenden aktuellen Neigungswinkel α_{akt} als Startwinkel α_{start} fest. Ausgehend von diesem Startwinkel α_{start} erfolgt die Berechnung des aktuellen Winkels α_{akt} durch Integration des ω_x -Wertes durch die Integratoreinheit 12 und Addition des Startwinkels α_{start} gemäß $\alpha_{start} + \Delta\alpha_{int}$.

[0077] Mit zunehmender Zeitdauer wird jedoch der durch Integration berechnete aktuelle Neigungswinkel α_{akt} aufgrund von Fehlertoleranzen vom tatsächlichen Neigungswinkel immer mehr abweichen. Daher wird mittels der Plausibilitätseinheit 11 eine Plausibilitätsprüfung der Sensorwerte durchgeführt und in Abhängigkeit des Prüfungsergebnisses von der Winkelbestimmungseinheit 13 der aktuelle Neigungswinkel α_{akt} entsprechend bestimmt.

[0078] Die Bedingungen, unter denen ein α -Wert als plausibel bewertet wird, soll anhand des Ablaufdiagrammes nach Fig. 11 erläutert werden. Zunächst muß der ω_x -Wert unter einer bestimmten Schwelle S_{ω} bleiben, um die aufgrund der Trägheit der in einem Neigungssensor vorhandenen Flüssigkeit oder der Trägheit des Systems "Beschleunigungssensor in y-Richtung und Filter" auftretenden "falschen" Werte auszuschließen (Schritt S1).

[0079] Gemäß Schritt S2 darf auch die Änderungsgeschwindigkeit des ω_x -Wertes eine bestimmte Schwelle $S_{\dot{\omega}}$ nicht überschreiten. Wird diese Schwelle überschritten, bedeutet dies, daß auf die in einem Neigungssensor vorhandene Flüssigkeit Kräfte wirken, die zu einem "falschen" α -Wert führen könnten.

[0080] Gemäß Schritt S3 dürfen die gefilterten a_z -Werte den Bedingungen eines stabilen und normalen Fahrzeugzustandes nicht widersprechen, also darf der a_z -Wert weder zu klein – da ansonsten Bodenwellen erfaßt oder ein großer Neigungswinkel vorliegt – noch zu groß sein, da dann Schlaglöcher erfaßt oder eine Steilwand durchfahren wird. Die Schwellen S_{p0} und S_{nu} werden daher aufgrund von Fahrzeugdaten und Versuchen unter Berücksichtigung der Meßtoleranzen des a_z -Sensors festgelegt.

[0081] Mit der Bedingung nach Schritt S4 wird überprüft,

ob das Fahrzeug über eine Holperstrecke fährt. Hierzu werden die a_z -Werte mit einem Kurzzeitfilter (d. h. mit kleiner Zeitkonstante) gefiltert und der Betrag dieser gefilterten Werte mit einer Schwelle S_m verglichen. Wird diese Schwelle überschritten, liegt eine Holperstrecke vor, so daß der Neigungssensor "falsche" Werte liefern könnte.

[0082] Ferner wird in Schritt S5 überprüft, ob nicht die Änderungsgeschwindigkeit des α -Wertes, die an einer Schwelle $S_{\dot{\alpha}}$ gemessen wird, zu hoch ist, da dann Kräfte auf das Fahrzeug wirken, die die Flüssigkeit des Neigungssensors zum Schwabbeln bringen, mit der Folge der Erzeugung von "falschen" Werten.

[0083] Schließlich wird noch überprüft, ob der α -Wert mit dem von dem Beschleunigungssensor in z-Richtung gemessenen a_z -Wert konsistent ist, da der zuletzt genannte Wert dem $\cos \alpha$ ungefähr entsprechen muß.

[0084] Liegen alle in den Schritten S1 bis S6 genannten Bedingungen vor, wird der entsprechende α -Wert als plausibel bewertet (Schritt S7). Wird dagegen eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, wird der α -Wert als nicht plausibel bewertet (Schritt S8).

[0085] Ein als plausibel bewerteter α -Wert wird als aktueller Wert α_{akt} und als Startwinkel $\alpha_{start} = \alpha_{akt}$ gesetzt. Nach dem Durchlaufen des erweiterten Auslösealgorithmus definiert α_{start} den Startwinkel "alt" gemäß $\alpha_{start,alt} = \alpha_{start}$. Wird ein α -Wert als nicht plausibel erkannt, ergibt sich der aktuelle Winkel α_{akt} gemäß $\alpha_{start,alt} + \Delta\alpha_{int}$ und der Startwinkel "neu" als $\alpha_{start} = \alpha_{akt}$. Vor Beginn einer neuen Routine wird wieder $\alpha_{start,alt} = \alpha_{start}$ gesetzt.

[0086] Falls der zuletzt als plausibel erkannte α -Wert zu weit zeitlich zurückliegt, können entweder die erhöhten Auslöseschwellwerte $S_i(\alpha)$, $i = 1, 2, 3$ stufenweise wieder auf Grundwerte zurückgeführt, oder sofort auf diese Grundwerte gesetzt werden.

[0087] Nun zurück zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 10 bei dem zur Erkennung von Fahrsituationen, bei denen eine Auslösung unerwünscht ist, wie beispielsweise das Durchfahren einer Steilkurve, Komparatoren K_5 , K_6 und K_7 und ein NAND-Gatters 10 vorgesehen sind. Den Komparatoren K_5 , K_6 und K_7 sind jeweils eine Schwellwert S_i erzeugende Schwellwertschaltung SW_i , mit $i = 5, 6, 7$ zugeordnet, wobei der von dem Drehratensensor 1 erzeugte ω_x -Wert zum Vergleich mit dem Schwellwert S_5 dem Komparator K_5 , der von dem Beschleunigungssensor 4 in z-Richtung erzeugte a_z -Wert dem Komparator K_6 und der von dem Neigungssensor 5 erzeugte α -Wert dem Komparator K_7 zugeführt wird. Werden die Schwellwerte S_i ($i = 5, 6$) von den jeweiligen Meßwerten überschritten und gleichzeitig der Schwellwert S_7 von dem α -Wert unterschritten, steht am Ausgang des NAND-Gatters 10 ein logischer L-Wert, der das AND-Gatter 7 sperrt, so daß ein am anderen Eingang dieses AND-Gatters 7 anstehendes H-Signal nicht zu einer Auslösung über das OR-Gatter 8 des Zündmittels 3 einer Sicherheitseinrichtung führt.

[0088] Die Auslösung soll also verhindert werden, wenn das Fahrzeug in eine Steilkurve fährt, da ansonsten der dabei auftretende hohe ω_x -Wert zu einer Auslösung der Sicherheitseinrichtung führen würde. Daher wird der Schwellwert S_5 so gelegt, daß der beim Fahren in die Steilkurve auftretende ω_x -Wert überschritten wird. Ferner tritt in einer solchen Fahrsituation ein a_z -Wert auf, der deutlich über dem Wert von 1 g liegt, weshalb der entsprechende Schwellwert S_6 bei ca. 1 g eingestellt wird. Der α -Wert wird beim Durchfahren der Steilkurve aufgrund der Fahrbahnüberhöhung – und der bei Verwendung eines Flüssigkeitsneigungssensors auftretenden Zentrifugalbeschleunigung – wenig von 0° abweichen, d. h. unter einem bestimmten Wert bleiben. Daher wird der α -Wert dem invertierenden Eingang und der



Schwellwert S_7 dem nicht-invertierenden Eingang des Komparators K_7 zugeführt.

[0089] Treten sehr langsame Überschlüge auf, bei denen die Auslöseschwellwerte $S_i(\alpha)$ mit $i = 1, 2, 3$ nicht überschritten werden, wird zur Auslösung der Sicherheitseinrichtung der dabei auftretende Betrag des α -Wert mit einem dem statischen Kippwinkel des Fahrzeuges entsprechenden, von einer Schwellwertschaltung SW_4 erzeugten Auslöseschwellwert S_4 mittels eines Komparators K_4 verglichen. Wird dabei dieser Auslöseschwellwert S_4 überschritten, erfolgt nur dann eine Auslösung, wenn der entsprechende α -Wert durch die Plausibilitätseinheit 11 als plausibel bewertet wurde, so daß infolgedessen an beiden Eingängen des AND-Gatters 9 ein H-Signal anliegt und damit auch die Aktivierung der Zündendstufe 3 erfolgt.

[0090] Die in den Ausführungsbeispielen erläuterten Filterfunktionen werden softwaremäßig mittels Mikroprozessoren ausgeführt. Jedoch ist es auch möglich, diese Filterfunktionen hardwaremäßig mit aus geeigneten elektrischen Bauelementen aufgebauten Filterschaltungen zu realisieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines das Sensorsignal eines in einem Sicherheitssystem eines Kraftfahrzeuges vorgesehenen Drehratensensors verarbeitenden Auslösealgorithmus, mit dem eine Auslöseentscheidung zur Auslösung von wenigstens einer Sicherheitseinrichtung des Sicherheitssystems in Abhängigkeit des Sensorsignals getroffen wird, wobei das Sensorsignal ein Maß für die Drehgeschwindigkeit (ω) der bei einem drohenden Überschlag auftretenden Wankbewegung darstellt, und bei dem folgende Schritte durchgeführt werden:

a) Erzeugung folgender theoretischer Überschlag-Kennlinie:

$$\alpha_{th}(\omega) = -(\alpha_{kipp}/\omega_{grenz})\omega + \alpha_{kipp}, \omega \geq 0 \quad (1)$$

bei der ω der anfänglichen Drehgeschwindigkeit einer Wankbewegung des Fahrzeuges und $\alpha_{th}(\omega)$ dem Neigungswinkel des Fahrzeuges entspricht, die Konstanten α_{kipp} und ω_{grenz} fahrzeugabhängig bestimmt werden, die den statischen Kippwinkel des Fahrzeuges, bei dessen Überschreiten das Fahrzeug kippt, bzw. den Drehgeschwindigkeitsbereich, bei dem mit $\omega \geq \omega_{grenz}$ ein Überschlag des Fahrzeuges erfolgt, angeben und der Bereich B_{th} der (ω, α)-Wertepaare mit $|\alpha| \geq \alpha_{th}(|\omega|)$ ($\alpha, \omega \in \mathbb{R}$) den zugehörigen überschlagsgefährdeten Bereich darstellt, bei dem eine positive Auslöseentscheidung erwartet wird, und

b) Erzeugung des Auslösealgorithmus durch Approximation der Überschlag-Kennlinie (1) im ersten Quadranten mit wenigstens zwei Tiefpassfilterfunktionen ($Y_{1,n}, n = 1, 2, \dots; Y_{2,n}, n = 1, 2, \dots$) mit jeweils einer Auslöseschwelle (S_1, S_2), indem die Grenzfrequenzen (f_{g1}, f_{g2}) der beiden Tiefpassfilterfunktionen ($Y_{1,n}, n = 1, 2, \dots; Y_{2,n}, n = 1, 2, \dots$) und die Auslöseschwellen (S_1, S_2) derart bestimmt sind, daß für den Bereich B_{F1} der ($|\omega|, Y_{1,n}(\omega)$)-Wertepaare und den Bereich B_{F2} der ($|\omega|, Y_{2,n}(\omega)$)-Wertepaare mit

$$|Y_{1,n}(\omega)| > S_1 \text{ und } |Y_{2,n}(\omega)| > S_2, Y_{1,n}(\omega) \in \mathbb{R}, Y_{2,n}(\omega) \in \mathbb{R} \quad (2)$$

gilt:

$B_{F1} \subset B_{th}$ und $B_{F2} \subset B_{th}$.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem
 - a) zur Approximation der Überschlag-Kennlinie (1) mittels der ersten und zweiten Tiefpassfilterfunktionen ($Y_{1,n}, n = 1, 2, \dots; Y_{2,n}, n = 1, 2, \dots$) und den zugehörigen Auslöseschwellen (S_1, S_2) als Auslösealgorithmus die Ausgangsfolgen einer zeitabhängigen Sprungfunktion $\omega(t)$ bestimmt und die erhaltenen Kennlinien mit der Überschlag-Kennlinie (1) verglichen wird, und
 - b) gegebenenfalls die Grenzfrequenz (f_{g1}, f_{g2}) der ersten und/oder zweiten Tiefpassfilterfunktion ($Y_{1,n}, n = 1, 2, \dots; Y_{2,n}, n = 1, 2, \dots$) und/oder die Auslöseschwelle (S_1, S_2) der ersten und/oder zweiten Tiefpassfilterfunktion ($Y_{1,n}, n = 1, 2, \dots; Y_{2,n}, n = 1, 2, \dots$) angepaßt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem
 - a) zur Approximation der Überschlag-Kennlinie (1) mittels der ersten und zweiten Tiefpassfilterfunktionen ($Y_{1,n}, n = 1, 2, \dots; Y_{2,n}, n = 1, 2, \dots$) und den zugehörigen Auslöseschwellen (S_1, S_2) als Auslösealgorithmus simulierte und/oder reale Sensorsignaturen verarbeitet werden, und
 - b) in Abhängigkeit der mittels des Auslösealgorithmus getroffenen Auslöseentscheidungen gegebenenfalls die Grenzfrequenz (f_{g1}, f_{g2}) der ersten und/oder zweiten Tiefpassfilterfunktion ($Y_{1,n}, n = 1, 2, \dots; Y_{2,n}, n = 1, 2, \dots$) und/oder die Auslöseschwelle (S_1, S_2) der ersten und/oder zweiten Tiefpassfilterfunktion ($Y_{1,n}, n = 1, 2, \dots; Y_{2,n}, n = 1, 2, \dots$) angepaßt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Auslösealgorithmus neben den Signalen des Drehratensensors Signale weiterer Sensoren verarbeitet, wobei die weiteren Sensoren die Stabilität anzeigende fahrzeugzustandsspezifische Parameter, insbesondere Vertikalbeschleunigung, Lateralbeschleunigung und Neigungswinkel erfassen und in Abhängigkeit dieser Parameter die Werte der Auslöseschwellen (S_1, S_2) angepaßt werden, indem
 - a) für jeden weiteren Sensor wenigstens eine Tiefpassfilterfunktion ($Y_{\alpha z, n}, Y_{\alpha y, n}, Y_{\alpha n}, n = 1, 2, 3, \dots$) mit einer zugehörigen Grenzfrequenz ($f_{g, \alpha z}, f_{g, \alpha y}, f_{g, \alpha n}$) derart erzeugt wird,
 - a1) daß entsprechend dem von den Signalen der weiteren Sensoren angezeigten Grad der Stabilität des Fahrzeuges die Auslöseschwellen (S_1, S_2) herauf- oder herabgesetzt werden,
 - b) der mit den Tiefpassfilterfunktionen ($Y_{\alpha z, n}, Y_{\alpha y, n}, Y_{\alpha n}, n = 1, 2, 3, \dots$) erweiterte Auslösealgorithmus anhand der dem jeweiligen weiteren Sensor entsprechenden realen und/oder simulierten Sensorsignaturen simuliert und bewertet wird, indem
 - b1) in Abhängigkeit der Bewertung der mittels des erweiterten Auslösealgorithmus getroffenen Auslöseentscheidung gegebenenfalls die Grenzfrequenz ($f_{g, \alpha z}, f_{g, \alpha y}, f_{g, \alpha n}$) und/oder die Schwellenanpassung gemäß Verfahrensschritt a1) angepaßt werden.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Tiefpassfilterfunktionen ($Y_{1,n}, Y_{2,n}, Y_{\alpha z, n}, Y_{\alpha y, n}, Y_{\alpha n}, n = 1, 2, 3, \dots$) als digitale Filter 1. Ordnung erzeugt werden.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem eine Hochpassfilterfunktion (Y_{HP}) erzeugt wird, vor einer Verarbeitung der simulierten und/oder realen Sensorsignaturen diese von der Hochpassfilter-



funktion (Y_{HP}) verarbeitet werden.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Verfahren mittels einer programmierbaren Datenverarbeitungsanlage durchgeführt wird.

8. Sicherheitssystem für ein Kraftfahrzeug mit einem Drehratensensor (1), der die Drehgeschwindigkeit der Wankbewegung des Kraftfahrzeuges sensiert und mit wenigstens einer von einem Steuergerät gesteuerten Sicherheitseinrichtung, wobei in das Steuergerät ein nach einem der vorangehenden Ansprüche erzeugter Auslösealgorithmus implementiert ist, wobei für die zweite Tiefpassfilterfunktion $Y_{2,n}$ eine Grenzfrequenz (f_{g2}) mit $f_{g2} < f_{g1}$ und dessen Auslöseschwelle S_2 , mit $S_2 < S_1$ festgelegt ist und die Sicherheitseinrichtung ausgelöst wird, falls eine Auslöseschwelle (S_1 , S_2) von einem Ausgangswert $|Y_{1,n}(\omega)|$ oder $|Y_{2,n}(\omega)|$ der Tiefpassfilterfunktion überschritten wird.

9. Sicherheitssystem nach Anspruch 8, bei dem zur Erkennung eines langsamen Überschlages des Kraftfahrzeuges die Grenzfrequenz (f_{g2}) der zweiten Tiefpassfilterfunktion $Y_{2,n}$ einige wenige 1/10-Hz und eine hieran angepaßte Auslöseschwelle (S_2) aufweist.

10. Sicherheitssystem nach Anspruch 8, bei dem zur Erkennung eines Überschlages des Kraftfahrzeuges mit hoher anfänglicher Drehgeschwindigkeit die Grenzfrequenz (f_{g1}) der ersten Tiefpassfilterfunktion $Y_{1,n}$ einige Hz, vorzugsweise im Bereich von größer 5 bis 10 Hz, und eine hieran angepaßte hohe Auslöseschwelle (S_1) aufweist, und zur Erkennung eines Überschlages mit niedrigerer anfänglicher Drehgeschwindigkeit die Grenzfrequenz (f_{g2}) der zweiten Tiefpassfilterfunktion $Y_{2,n}$ einige wenige Hz, vorzugsweise 1 bis 5 Hz und eine hieran angepaßte Auslöseschwelle (S_2) aufweist.

11. Sicherheitssystem nach Anspruch 10, bei dem zur Erkennung eines langsamen Überschlages des Kraftfahrzeuges mit dem Auslösealgorithmus eine dritte Tiefpassfilterfunktion $Y_{3,n}$ mit einer Grenzfrequenz (f_{g3}) mit einigen wenigen 1/10-Hz und eine hieran angepaßte Auslöseschwelle (S_3) realisiert wird.

12. Sicherheitssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem mittels eines Beschleunigungssensors (4) die Vertikalbeschleunigung des Kraftfahrzeuges erfaßt wird, in das Steuergerät ein nach einem der Ansprüche 4 bis 7 erzeugter erweiterter Auslösealgorithmus implementiert wird, die von dem erweiterten Auslösealgorithmus verarbeiteten Signale des Beschleunigungssensors mit wenigstens einer Anpassungsschwelle ($S_{\alpha z}$) verglichen und bei Überschreitung bzw. Unterschreitung dieser Anpassungsschwelle ($S_{\alpha z}$) die Schwellwerte (S_i , $i = 1, 2, 3$) der Auslöseschwellen hochgesetzt bzw. heruntergesetzt werden.

13. Sicherheitssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem mittels eines Neigungssensors (5) die Neigung des Kraftfahrzeuges erfaßt wird, in das Steuergerät ein nach einem der Ansprüche 4 bis 7 erzeugter erweiterter Auslösealgorithmus implementiert wird, die von dem erweiterten Auslösealgorithmus verarbeiteten Signale des Neigungssensors mit wenigstens einer Anpassungsschwelle (S_{α}) verglichen und bei Überschreitung bzw. Unterschreitung dieser Anpassungsschwelle (S_{α}) die Schwellwerte (S_i , $i = 1, 2, 3$) der Auslöseschwellen hochgesetzt bzw. heruntergesetzt werden.

14. Sicherheitssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem mittels Beschleunigungssensoren (4, 6) die Vertikalbeschleunigung (α_z) und die Lateralbeschleunigung (α_y) des Kraftfahrzeuges erfaßt werden, in das Steuergerät ein nach einem der Ansprüche 4 bis 7 er-

zeugter erweiterter Auslösealgorithmus implementiert wird, die von dem erweiterten Auslösealgorithmus jeweils verarbeiteten Signale der Beschleunigungssensoren der Quotient (α_y/α_z) gebildet, dessen Wert mit einer Quotientenschwelle (S_{quo}) verglichen, und die Sicherheitseinrichtung ausgelöst wird, falls die Quotientenschwelle (S_{quo}) von dem Quotienten (α_y/α_z) entsprechend der Vorzeichendefinition der Signale über- oder unterschritten wird.

15. Sicherheitssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem mittels eines Beschleunigungssensors (7) und eines Neigungssensors (8) die Vertikalbeschleunigung (α_z) und der Neigungswinkel (α) des Kraftfahrzeuges erfaßt werden, in das Steuergerät ein nach einem der Ansprüche 4 bis 7 erzeugter erweiterter Auslösealgorithmus implementiert wird, und bei dem zwecks Berücksichtigung des den Signalen des Beschleunigungssensors und des Neigungssensors entsprechenden Fahrzeugzustandes in Abhängigkeit der von dem erweiterten Auslösealgorithmus jeweils verarbeiteten Signale des Beschleunigungssensors und des Neigungssensors die Werte ($S_i(\alpha, \alpha_z)$, $i = 1, 2, 3$) der Auslöseschwellen an den aktuellen Fahrzeugzustand angepaßt werden.

16. Sicherheitssystem nach Anspruch 15, bei dem in Abhängigkeit der von dem erweiterten Auslösealgorithmus verarbeiteten Signale des Beschleunigungsaufnehmers (7) und des Drehratensensors (1) ein Kippschwellwert ($S_k(\alpha, \alpha_z)$) bestimmt wird, und die Sicherheitseinrichtung ausgelöst wird, falls das von dem erweiterten Auslösealgorithmus verarbeitete Signal des Neigungssensors diesen Kippschwellwert ($S_k(\alpha, \alpha_z)$) überschreitet.

17. Sicherheitssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem mittels eines Beschleunigungssensors (4) und eines Neigungssensors (5) die Vertikalbeschleunigung (α_z) und der Neigungswinkel (α) des Kraftfahrzeuges erfaßt werden, in das Steuergerät ein nach einem der Ansprüche 4 bis 7 erzeugter erweiterter Auslösealgorithmus implementiert wird, und anhand des die Vertikalbeschleunigung (α_z) und die Drehgeschwindigkeit (ω) charakterisierenden Fahrzeugzustandes die Plausibilität des Wertes (α) des Neigungswinkels bewertet wird und bei Plausibilität dieser Wert als aktueller Wert (α_{akt}) des Neigungswinkels gesetzt wird.

18. Sicherheitssystem nach Anspruch 17, bei dem der gesetzte aktuelle Wert (α_{akt}) des Neigungswinkels mit einem dem Kippwinkel (α_{kipp}) des Kraftfahrzeuges entsprechenden Kippschwellwert (S_{kipp}) verglichen wird, und die Sicherheitseinrichtung ausgelöst wird, falls der Kippschwellwert (S_{kipp}) von dem Betrag des aktuellen Wert (α_{akt}) des Neigungswinkels unterschritten wird.

19. Sicherheitssystem nach Anspruch 17 oder 18, bei dem, falls ein nicht plausibler Wert (α) des Neigungswinkels vorliegt, die während des Fahrbetriebes des Kraftfahrzeuges erfolgte Änderung ($\Delta\alpha_{int}$) des Neigungswinkels mittels einer Integration der Drehgeschwindigkeit (ω) bestimmt und mit einem Startwinkel (α_{start}) addiert und die Summe als aktueller Neigungswinkel (α_{akt}) gesetzt wird.

20. Sicherheitssystem nach einem der Ansprüche 17 bis 18, bei dem in Abhängigkeit des gesetzten aktuellen Wertes (α_{akt}) des Neigungswinkels die Werte ($S_i(\alpha)$, $i = 1, 2, 3$) der Auslöseschwellen an den aktuellen Fahr-



zeugzustand angepaßt werden.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

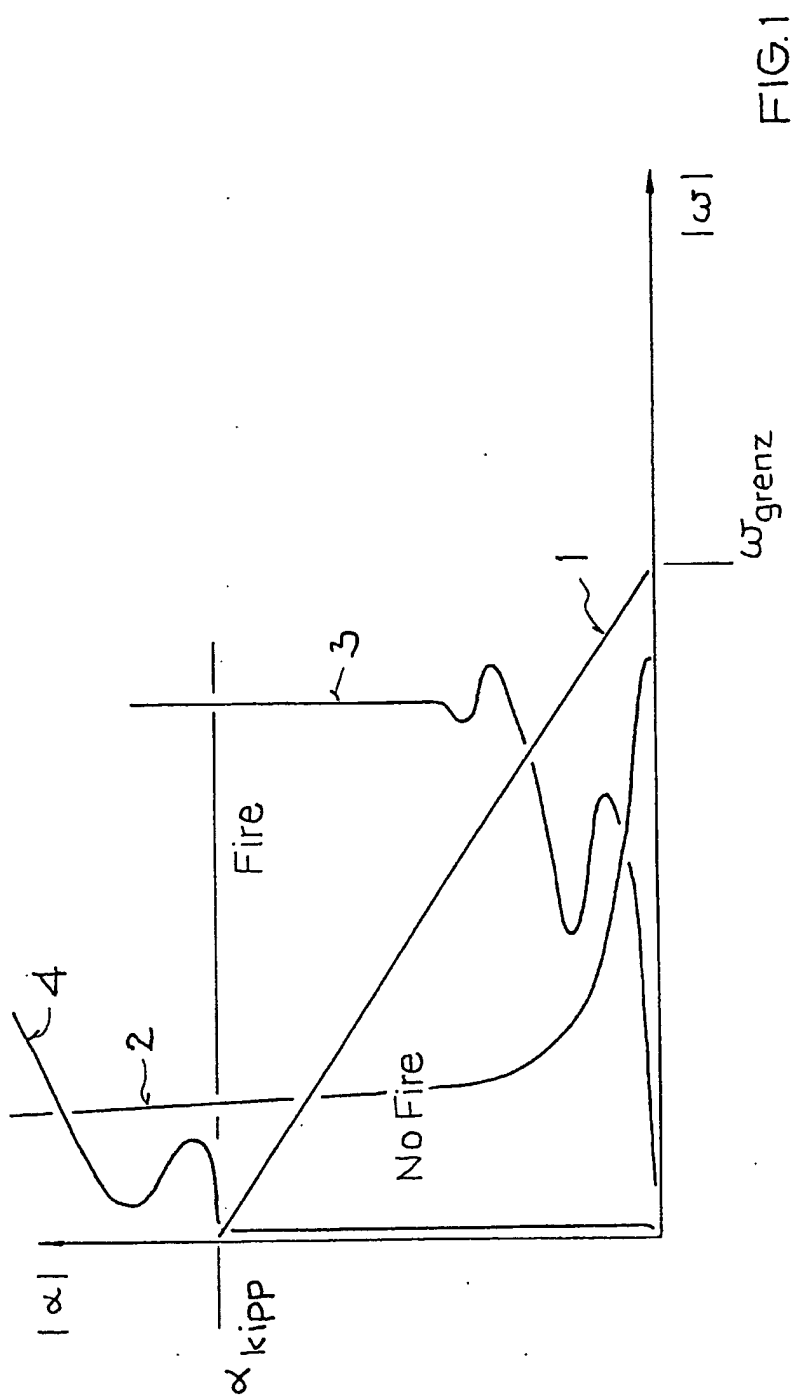
45

50

55

60

65



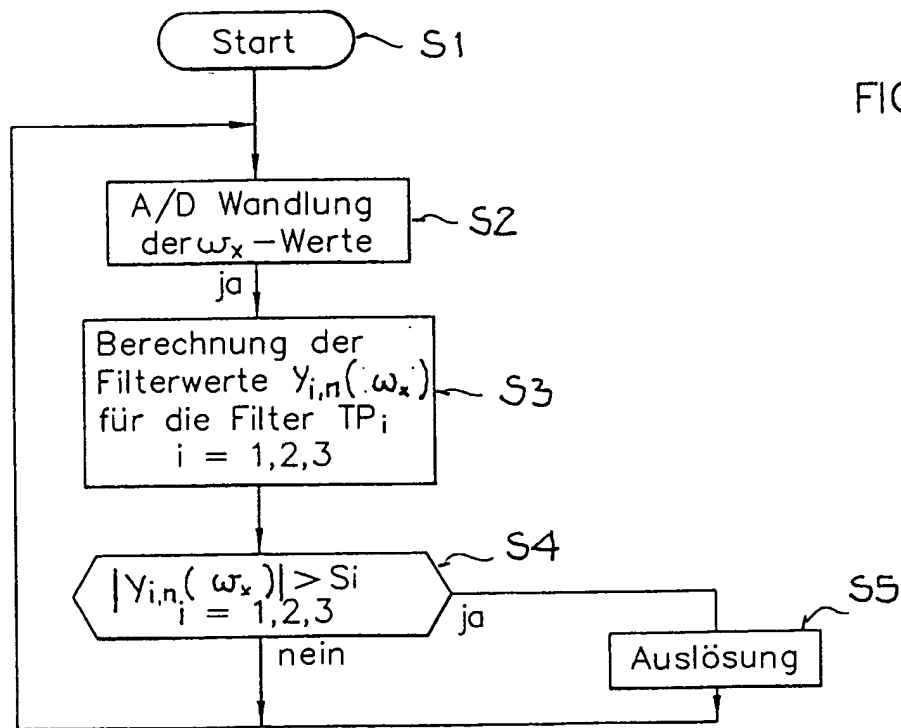
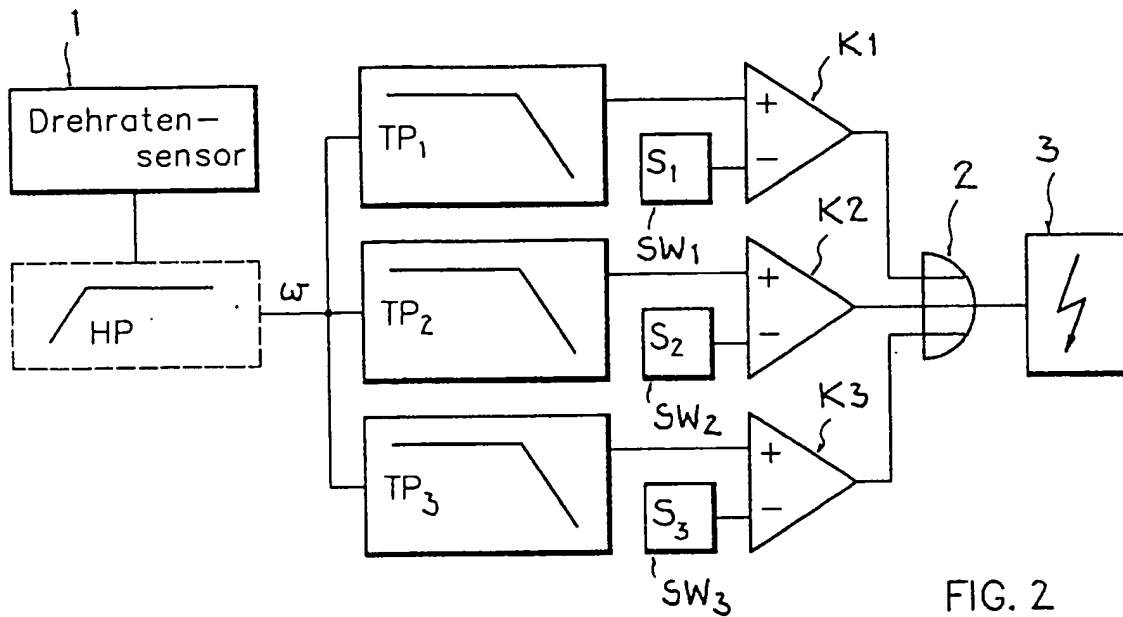
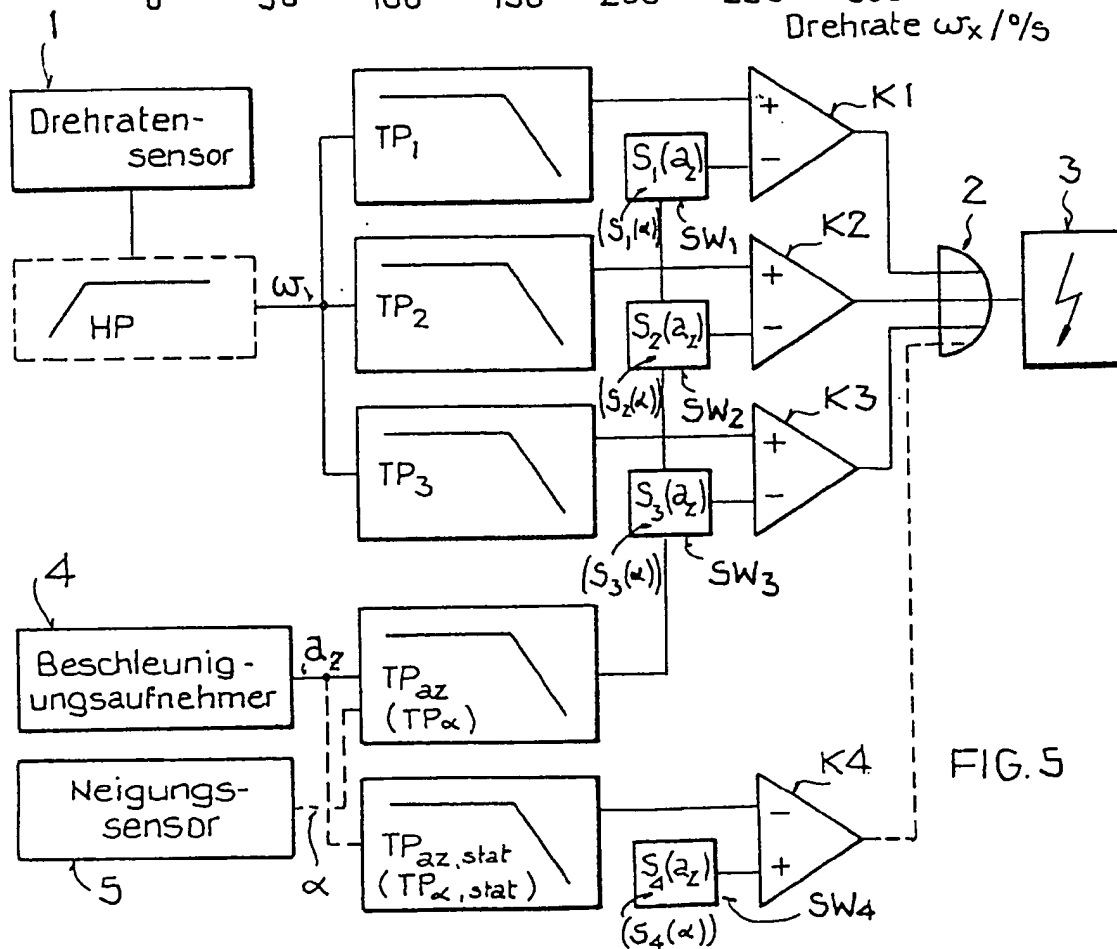
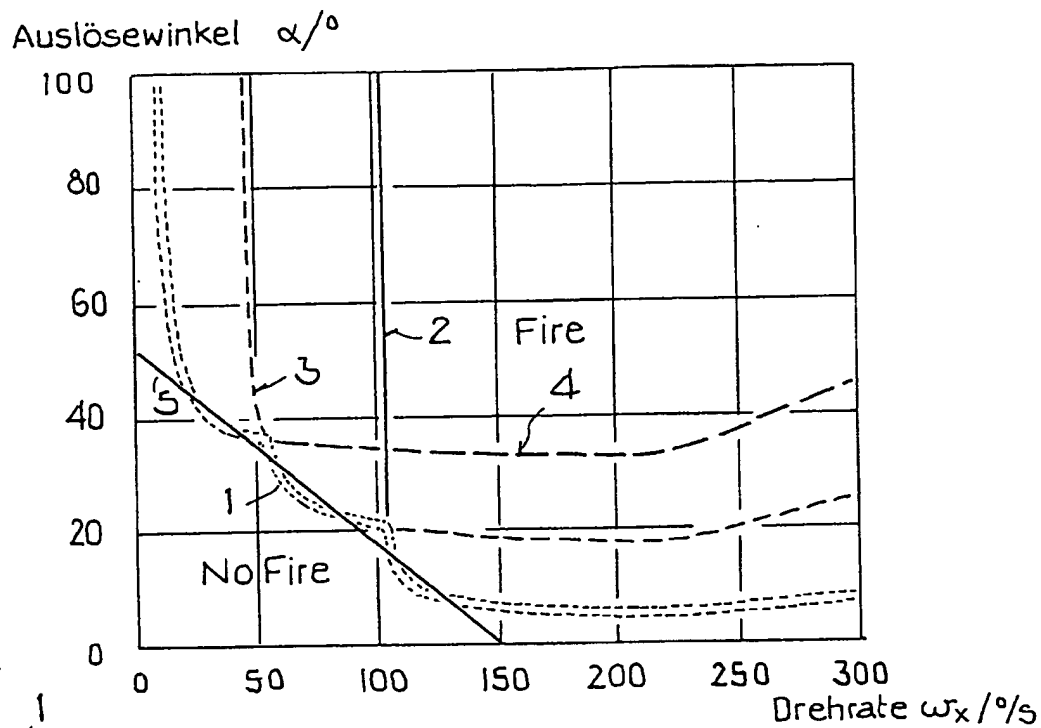


FIG.4



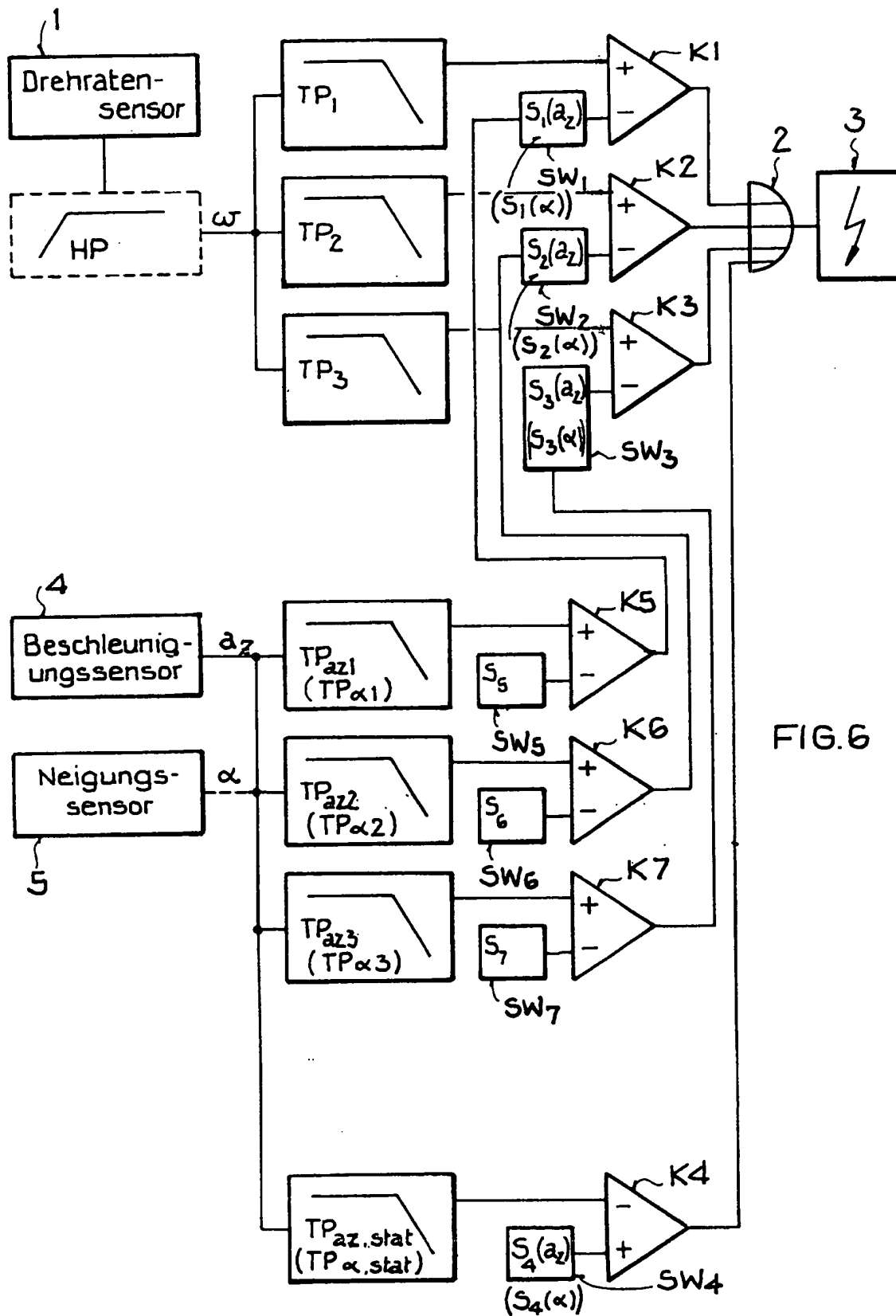
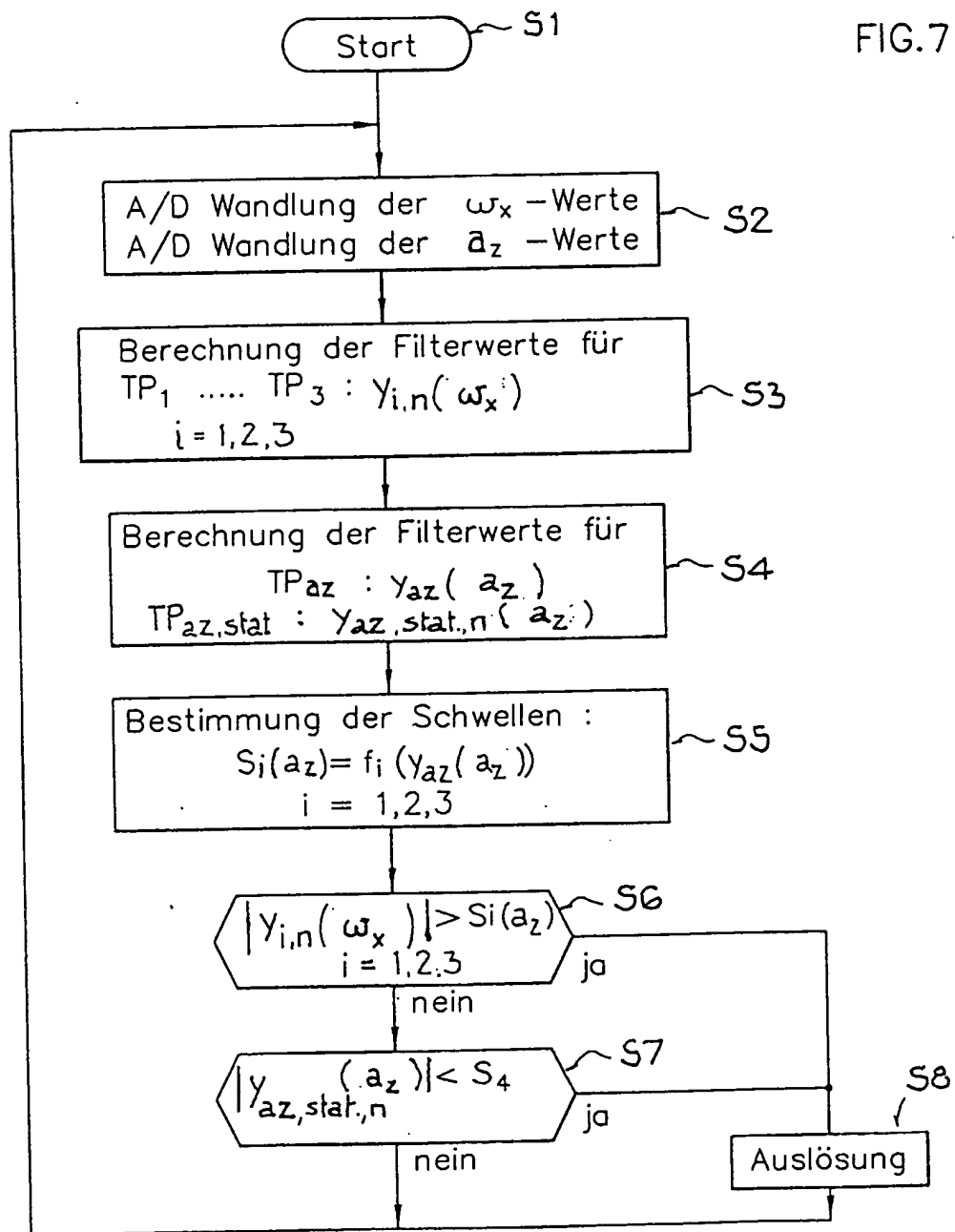
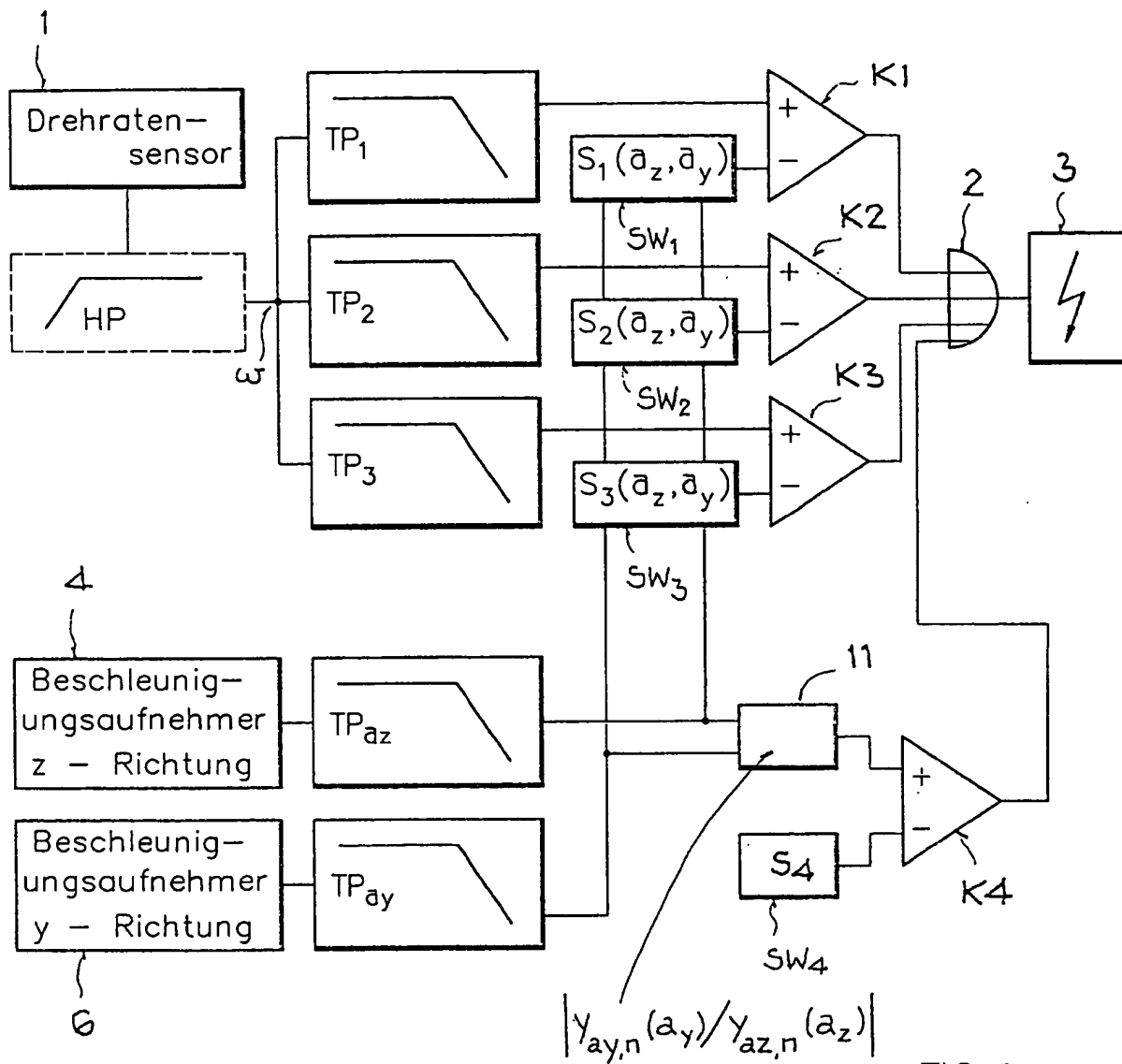


FIG. 6



FIG. 7





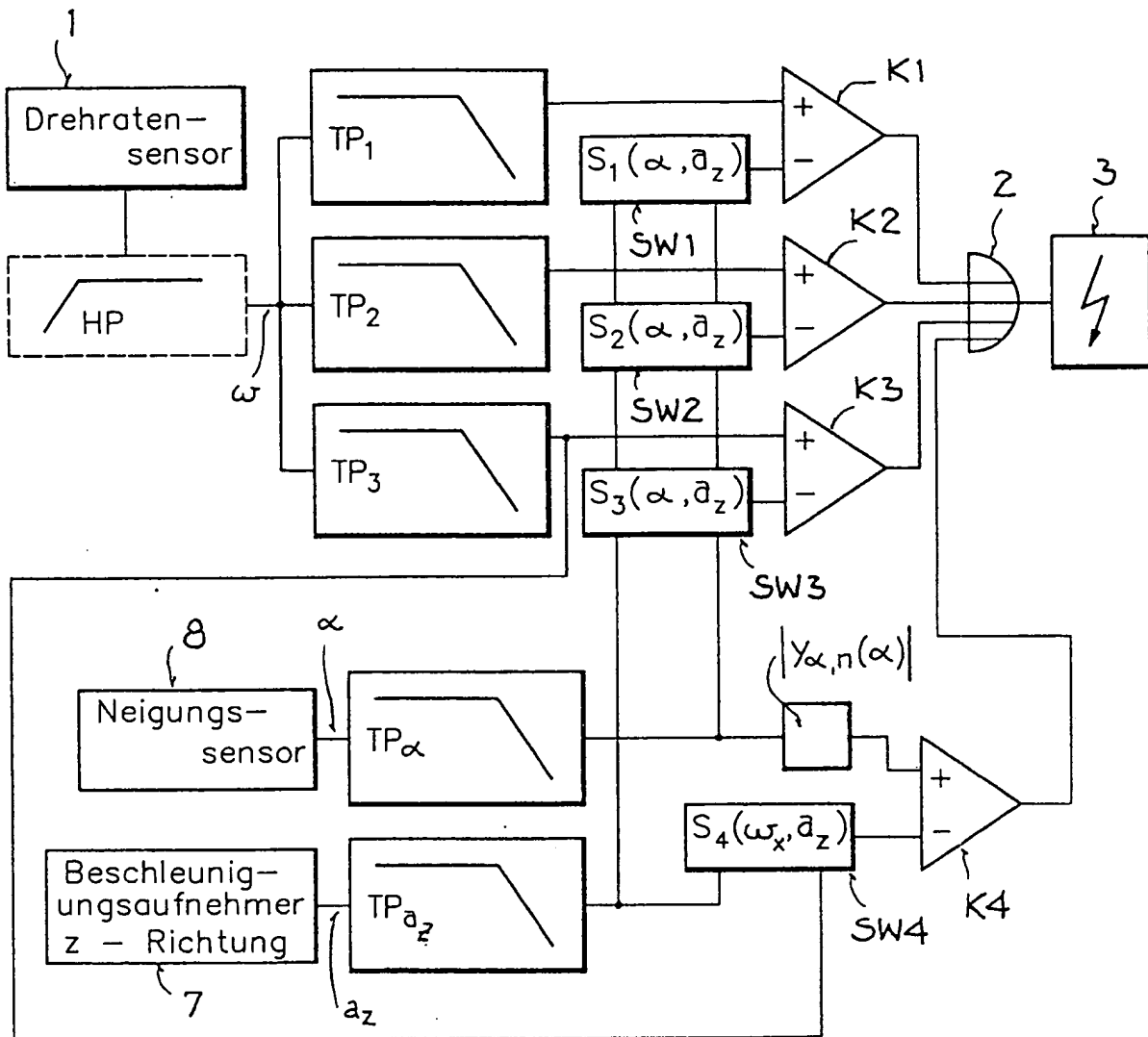


FIG. 9

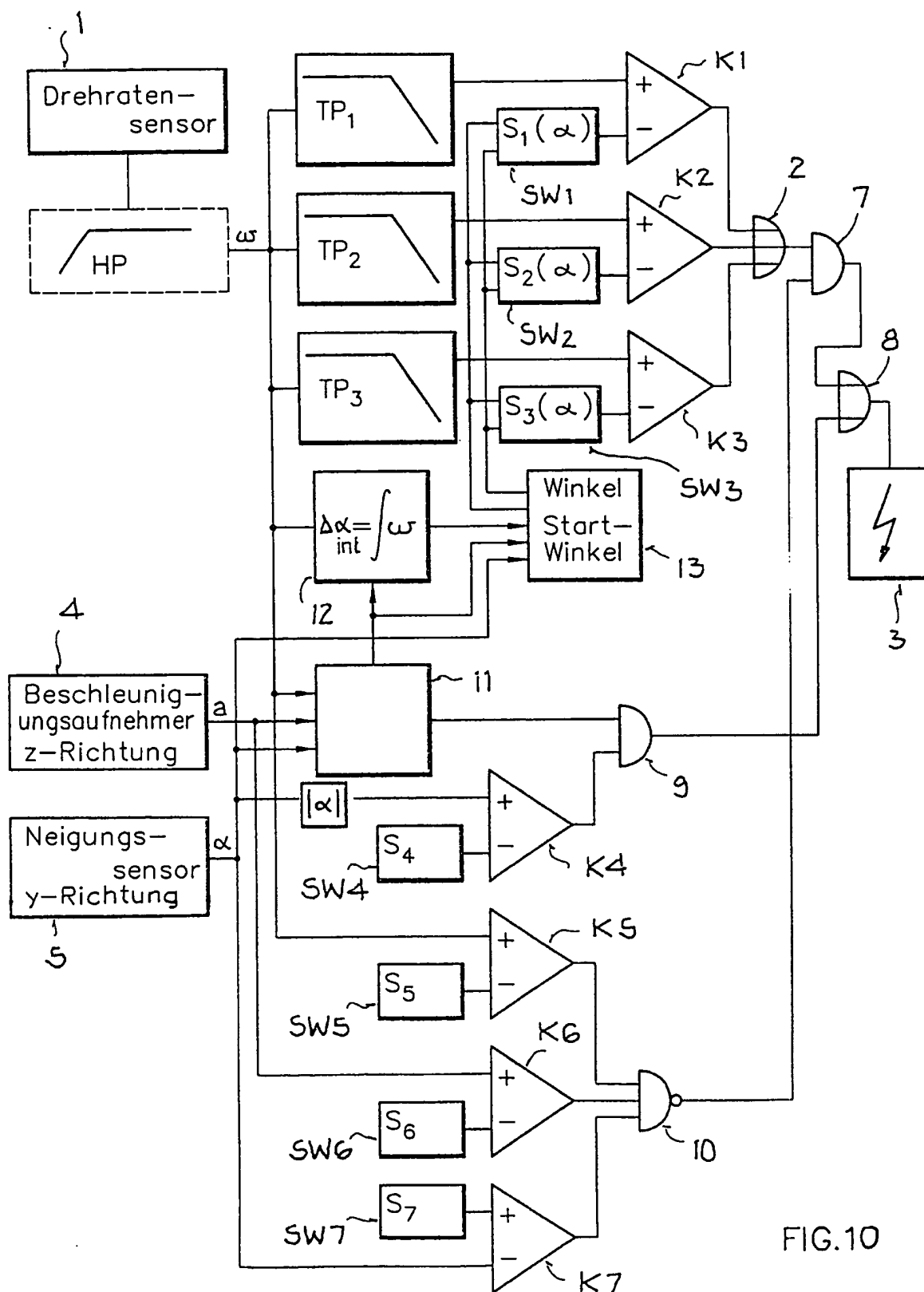


FIG.10

